

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS
EN LA AGRICULTURA
EN CUENCAS NO AFORADAS

PRESENTA:

ING. DAVID ESTUARDO PEÑA VIDAL

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

DIRECTOR DE TESIS:

ING. JUSTINO CESAR GONZALEZ ALVAREZ, M. EN I.

CIUDAD UNIVERSITARIA

ENERO 2009

D.E.P.V.

DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS
EN LA AGRICULTURA
EN CUENCAS NO AFORADAS

T
GB661.28
P4
2009
c.1

2009



1090020077

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



T
GB661.28
P4
2009
c.1

DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS
EN LA AGRICULTURA
EN CUENCAS NO AFORADAS

PRESENTA:

ING. DAVID ESTUARDO PEÑA VIDAL

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

DIRECTOR DE TESIS:

ING. JUSTINO CESAR GONZALEZ ALVAREZ, M. EN I.

CIUDAD UNIVERSITARIA

ENERO 2009



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



Título de la tesis:
**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS
EN LA AGRICULTURA
EN CUENCAS NO AFORADAS**

Tesista:
Ing. David Estuardo Peña Vidal

Como requisito parcial para obtener el grado de
Maestría en Ciencias
con especialidad en
Ingeniería Ambiental

Director de tesis:
Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.

Enero 2009



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

ING. LAZARO VARGAS GUERRA

Director del Departamento de Escolar y de
Archivo de la UANL

PRESENTE.-

Estimado Ing. Vargas:

Por este conducto me permito comunicarle que el **ING. DAVID ESTUARDO PEÑA VIDAL**, pasante de la **Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental**, ha solicitado su examen de grado, para lo cual a cubierto la totalidad de los requisitos académicos y administrativos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales y el Reglamento General de Estudios de Posgrado de nuestra Institución.

De la manera más atenta, le solicito su colaboración para que se de el trámite correspondiente en el Departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento, quedo a sus apreciables órdenes para cualquier duda o aclaración.

ATENTAMENTE,
"ALERE FLAMAM VERITATIS"
Cd. Universitaria a 08 de Enero del 2009.

DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ.
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación



SUB DIRECCION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACION

C.c.p. Archivo.
Rtp.

Ing. Justino César González Álvarez M. en I.

Cédula Profesional: Ingeniería Civil 211438 y Maestro en Ingeniería Hidráulica 483113
Servicios de Ingeniería Hidráulica, Hidrológica y Ambiental


DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ESTIMADO DR. VALDEZ:

POR ESTE MEDIO LE COMUNICAMOS QUE EL **ING. DAVID ESTUARDO PEÑA VIDAL**, PASANTE DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL, HA CONCLUIDO SATISFACTORIAMENTE SU TRABAJO DE TESIS TITULADO: **"DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS EN LA AGRICULTURA EN CUENCAS NO AFORADAS"**, POR LO QUE NO EXISTE INCONVENIENTE PARA ATENDER LA SOLICITUD DE EXAMEN DE GRADO CON LOS REQUISITOS QUE EXIGE EL REGLAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES DE NUESTRA INSTITUCIÓN, AGRADECEMOS PASAR LAS INSTRUCCIONES NECESARIAS PARA EL TRÁMITE CORRESPONDIENTE.

AGRADECIENDO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN BRINDADA A LA PRESENTE, QUEDO A SUS APRECIABLES ÓRDENES.

ATENTAMENTE
"ALERE FLAMMAM VERITATIS"
CD. UNIVERSITARIA, 19 DE NOVIEMBRE DE 2008


ING. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M. EN I.
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Pedro L. Valdez Tamez
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

Estimado Dr. Valdez:

En relación a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis "**Determinación del impacto de las sequías en la agricultura en cuencas no aforadas**", que presenta el Ing. **David Estuardo Peña Vidal**, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como **APROBADA**.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, a 08 de Diciembre de 2008



M.C. Juan Manuel Chapa Guerrero
Evaluador de Tesis de Maestría

Dr. Pedro L. Valdez Tamez
Subdirector de Posgrado
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

Aprobación de la tesis:

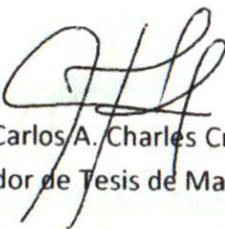
Distinguido Dr. Valdez Tamez:

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis **DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS EN LA AGRICULTURA EN CUENCAS NO AFORADAS**, que presenta el Ing. David Estuardo Peña Vidal. Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como **APROBADA**.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. a 16 de diciembre de 2008





Dr. Carlos A. Charles Cruz
Evaluador de Tesis de Maestría

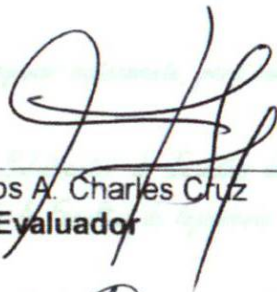
Título de la tesis:


**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS
EN LA AGRICULTURA
EN CUENCAS NO AFORADAS**

Aprobación de la tesis:


Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.
Director de tesis


M. C. Juan Manuel Chapa Guerrero
Evaluador


Dr. Carlos A. Charles Cruz
Evaluador


Dr. Pedro L. Valdez Tamez
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincera y profunda gratitud a todas aquellas personas que estuvieron involucradas en la elaboración de este proyecto, desde su gestación... desde que solo era una idea... un sueño.

A la Lic. Argelia Goo Santos, que creyó en mí, prácticamente sin conocerme, y lo más importante, me enseñó a que creyera en mí mismo, y saber que con esfuerzo y dedicación, todas las metas son alcanzables, por más lejanas que parezcan.

Al M. C. Víctor M. Aguilera Reyes (q.e.p.d.), que gracias a sus conocimientos y a su cátedra, sin quererlo y sin saberlo, plantó en mí la inquietud de estudiar una maestría.

A mis maestros del posgrado, que fueron más que catedráticos:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ✓ M.C. Vladimir Sánchez Hernández | ✓ Dr. Alejandro Ramírez Alcázar |
| ✓ M.C. Alejandro García García | ✓ M.C. Benjamín Limón Rodríguez |
| ✓ M.I. Justino César González Álvarez | ✓ M.C. Alfredo Núñez Cantú |
| ✓ Dr. Eulogio Velasco Santes | ✓ M.C. Edgar Amauri Arteaga Balderas |
| ✓ Ing. Ricardo Salgado Gutiérrez | ✓ M.A. Luz Margarita Ramírez Vigil |
| ✓ Dr. Enrique Godínez Arredondo | ✓ M.C. Martha Herrerrón Figueroa |
| ✓ Dr. Jimmy Loiza Navia | ✓ M.C. Juan Manuel Chapa Guerrero |

A mis compañeros de clases, que juntos nos apoyamos mutuamente, para conseguir este mismo fin.

Al apoyo del Dr. Pedro L. Valdez Tamez, Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación; y del M.I. Luis Manuel Aranda Maltez, Director de la Facultad de Ingeniería Civil.

A las siempre cordiales atenciones de Jessy, Miriam y Ramiro, sin olvidar a Norma, como compañeros y como amigos.

A los consejos, recomendaciones y valiosas sugerencias del Dr. Víctor Hugo Guerra Cobán.

A las facilidades prestadas por la Comisión Nacional del Agua, especialmente al Ing. Miguel Ángel Torres Morales, de las oficinas del estado Chihuahua, por sus finas atenciones.

A dos personas que admiro por su capacidad, y que me ayudaron a enriquecer este trabajo con sus aportaciones, los evaluadores de esta tesis:

✓ M. C. Juan Manuel Chapa Guerrero

✓ Dr. Carlos A. Charles Cruz

...gracias a ellos pude constatar la humildad de la grandeza, y la grandeza de la humildad.

A mi director de tesis, que me apoyó como catedrático en la licenciatura, como catedrático en la maestría, como Subdirector de Posgrado en su momento, pero principalmente como amigo, el Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.

Quisiera hacer una mención especial al Dr. Carlos Díaz Delgado (UAEM - FI - CIRA) cuyas ideas fueron la base que cimentó este trabajo.

Finalmente, a las personas que siempre han estado conmigo, en las buenas y en las malas, a quienes les debo todo lo que soy, mi familia, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo paciencia.

Si bien es mi nombre el que aparece como autor de esta tesis, obviamente detrás está el trabajo y el apoyo de mucha gente, que directa o indirectamente colaboró en su realización.

A todos ustedes...muchas gracias...

Sinceramente:

David

La experiencia es nuestra más dura maestra,
porque primero pone la prueba
Y después viene la lección

DEDICATORIAS

A Dios...

...Por haberme permitido cumplir esta meta...por dejarme llegar a este importante día con vida, salud y muchas ganas de continuar...por haber enviado ángeles que allanaron mi camino...por todas las bendiciones que recibí.

A mi madre...

...Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes...por el inmenso apoyo, amor y confianza que en mí depositaste y con los cuales he logrado cumplir una meta más...sólo deseo que entiendas que el logro mío, es el logro tuyo, que mi esfuerzo es inspirado en ti.

A mi hermano...

...Por ti aprendí muchas cosas de la vida que solo no habría podido...por ayudarme a forjar un carácter...obligarme a mantener los pies en la tierra...y porque junto con tu esposa, me obsequiaron un título más grande que todos los académicos que pudiera conseguir, el título de "tío".

A Oswaldo y Alexandra...

...Su llegada llenó de color varias vidas que se tornaban grises... le dio un nuevo rumbo a existencias que se hacían monótonas... porque no hay amor más sincero e incondicional como el de ustedes... y simplemente por existir.

Al Maestro Justino César González Álvarez...

...Por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia, en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la realización, no solo de este proyecto, si no de gran parte de mi formación tanto académica como profesional...por extenderme su mano cuando muchos me volvieron la espalda...por su guía, apoyo y consejos.

El apoyo de todos ustedes hizo realidad la consecución de esta meta, y hoy les puedo decir con satisfacción...que pese a todo...

...Sí se pudo...!!!!... ;-)

CONTENIDO

Temas	Página
Introducción	II
Apéndice	III
Estado de instrucciones	V
Estado de instrucciones	VI
Resumen	VII

“Que te hizo caminar por un desierto grande y espantoso,
de serpientes ardientes, de escorpiones y de sed,
donde ningún agua había,
y él te sacó agua de la roca del pedernal”

- *Deuteronomio 8:15*

CONTENIDO

Título	Página
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	2
Índice temático	ii
1.1.2. Cuenca del Río Conchos	3
Anexos	iv
1.2.1. Objetivo general	10
Listado de ilustraciones	v
1.3. Justificación	11
Listado de tabulaciones	vi
Resumen	vii
2.1. Marco físico	13
2.1.1. Ubicación de las estaciones hidrométricas	13
2.1.2. Definición de las subcuencas	14
2.1.3. Características fisiográficas	15
2.1.3.1. Longitud del cauce principal	15
2.1.3.2. Pendiente del cauce principal	15
2.1.3.3. Área de aportación de la cuenca	16
2.1.3.4. Longitud de la cuenca	16
2.1.3.5. Perímetro de la cuenca	16
2.1.3.6. Pendiente de la cuenca	16
2.1.3.7. Coeficiente de compactación	16
2.1.3.8. Factor de elongación	16
2.2. Información hidrométrica	27
2.2.1. Déficit hídrico estadístico	33
2.3. Probabilidad y estadística en hidrología	44
2.3.1. Función de distribución Gauss	45
2.3.2. Función de distribución Log Pearson III	57
2.3.3. Comparativo de funciones	73
2.4. Número de curva	72
2.4.1. Características físicas de la cuenca del Río Conchos	85
2.5. Precipitación	87
2.5.1. Medición de la precipitación	87
2.5.2. Altura de precipitación	98
2.5.3. Importancia de las precipitaciones en ingeniería	88
2.5.4. Determinación de la lluvia media	89
2.6. Análisis regional	95

ÍNDICE

Título	Página
1.- Introducción	1
1.1.- Antecedentes	2
1.1.1.- Cuenca del Río Bravo	3
1.1.2.- Cuenca del Río Conchos	5
1.2.- Objetivos de la investigación	10
1.2.1.- Objetivo general	10
1.2.2.- Objetivo particular	10
1.3.- Justificación	11
1.4.- Hipótesis	11
2.- Metodología	12
2.1.- Marco físico	13
2.1.1.- Ubicación de las estaciones hidrométricas	13
2.1.2.- Definición de las subcuencas	14
2.1.3.- Características fisiográficas	15
2.1.3.1.- Longitud del cauce principal	15
2.1.3.2.- Pendiente del cauce principal	15
2.1.3.3.- Área de aportación de la cuenca	15
2.1.3.4.- Longitud de la cuenca	15
2.1.3.5.- Perímetro de la cuenca	15
2.1.3.6.- Pendiente de la cuenca	16
2.1.3.7.- Coeficiente de compacidad	16
2.1.3.8.- Factor de elongación	16
2.2.- Información hidrométrica	27
2.2.1.- Déficit hídrico estadístico	33
2.3.- Probabilidad y estadística en hidrología	44
2.3.1.- Función de distribución Gumbel	45
2.3.2.- Función de distribución Log Pearson III	57
2.3.3.- Comparativo de funciones	72
2.4.- Número de curva	82
2.4.1.- Características físicas de la cuenca del Río Conchos	85
2.5.- Precipitación	87
2.5.1.- Medición de la precipitación	87
2.5.2.- Altura de precipitación	88
2.5.3.- Importancia de las precipitaciones en ingeniería	88
2.5.4.- Determinación de la lluvia media	89
2.6.- Análisis numérico	95

ÍNDICE

Título	Página
2.7.- Gestiones del riego	100
2.7.1.- Asociaciones multipropósito de usuarios del agua	100
2.7.2.- Empresas públicas	101
2.7.3.- Gobiernos locales	101
2.7.4.- Distrito de Riego	101
2.7.5.- Compañía mutua	101
2.7.6.- Compañía privada	102
2.8.- Uso del agua en los distritos de riego	102
3.- Análisis de resultados	103
3.1.- Producción agrícola	104
3.2.- Impacto económico de las sequías	105
4.- Conclusiones	118
5.- Consultas	123
5.1.- Referencias literarias	124
5.2.- Portales de internet	126
5.3.- Imágenes digitales	127

ÍNDICE

Título	Página
ANEXO A	
Memorias de cálculo de las características fisiográficas	128
ANEXO B	
Datos de precipitación	189
ANEXO C	
Memorias de cálculo de los coeficientes de la ecuación de déficit hídrico	200
ANEXO D	
Memorias de cálculo de los déficit hídricos	213
RESUMEN BIOGRÁFICO	234
10. Cuenca de la estación hidrométrica Jambrina	19
11. Cuenca de la estación hidrométrica Villapal	20
12. Cuenca de la estación hidrométrica Francisco I. Madero	21
13. Cuenca de la estación hidrométrica Las Ruelas	22
14. Cuenca de la estación hidrométrica Comstock	23
15. Cuenca de la estación hidrométrica El Comedero	24
16. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	25
17. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	26
18. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	27
19. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	28
20. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	29
21. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	30
22. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	31
23. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	32
24. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	33
25. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	34
26. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	35
27. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	36
28. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	37
29. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	38
30. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	39
31. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	40
32. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	41
33. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	42
34. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	43
35. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	44
36. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	45
37. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	46
38. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	47
39. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	48
40. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	49
41. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	50
42. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	51
43. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	52
44. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	53
45. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	54
46. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	55
47. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	56
48. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	57
49. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	58
50. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	59
51. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	60
52. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	61
53. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	62
54. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	63
55. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	64
56. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	65
57. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	66
58. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	67
59. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	68
60. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	69
61. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	70
62. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	71
63. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	72
64. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	73
65. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	74
66. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	75
67. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	76
68. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	77
69. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	78
70. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	79
71. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	80
72. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	81
73. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	82
74. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	83
75. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	84
76. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	85
77. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	86
78. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	87
79. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	88
80. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	89
81. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	90
82. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	91
83. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	92
84. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	93
85. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	94
86. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	95
87. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	96
88. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	97
89. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	98
90. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	99
91. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	100
92. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	101
93. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	102
94. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	103
95. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	104
96. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	105
97. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	106
98. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	107
99. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	108
100. Cuenca de la estación hidrométrica El Estero	109

ÍNDICE

Título	Página
ILUSTRACIONES	
1.- Severidad de las sequías	2
2.- Cuenca del río Bravo	3
3.- Lado mexicano de la cuenca del río Bravo	4
4.- Ubicación de la cuenca del río Conchos	5
5.- Distritos de riego de la cuenca del río Conchos	5
6.- Volumen y uso agrícola del agua en la cuenca del río Conchos	6
7.- Ubicación de las estaciones hidrométricas	14
8.- Cuenca de la estación hidrométrica Peguis	17
9.- Cuenca de la estación hidrométrica Parral	18
10.- Cuenca de la estación hidrométrica Jiménez	19
11.- Cuenca de la estación hidrométrica Villalba	20
12.- Cuenca de la estación hidrométrica Francisco I. Madero	21
13.- Cuenca de la estación hidrométrica Las Burras	22
14.- Cuenca de la estación hidrométrica Chuviscar	23
15.- Cuenca de la estación hidrométrica El Granero	24
16.- Cuenca de la estación hidrométrica Puente FFCC	25
17.- Cuenca de la estación hidrométrica Llanitos	26
18.- Obtención del mayor déficit hídrico anual	33
19.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Peguis	72
20.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Parral	73
21.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Jiménez	74
22.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Villalba	75
23.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Fco. I. Madero	76
24.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Las Burras	77
25.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Chuviscar	78
26.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca El Granero	79
27.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Puente FFCC	80
28.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Llanitos	81
29.- Consideraciones para el número de curva	82
30.- Ciclo hidrológico	87
31.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Peguis	108
32.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Parral	109
33.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Jiménez	110
34.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Villalba	111
35.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Fco. I. Madero	112
36.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Las Burras	113
37.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Chuviscar	114
38.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca El Granero	115
39.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Puente FFCC	116
40.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Llanitos	117

ÍNDICE

Título

Página

TABULACIONES

1.- Usos del agua en la cuenca del río Conchos	7
2.- Volúmenes y superficies de riego agrícola	8
3.- Relación beneficio-costos y productividad del agua	9
4.- Ubicación de las estaciones hidrométricas	13
5.- Características fisiográficas de la cuenca Peguis	17
6.- Características fisiográficas de la cuenca Parral	18
7.- Características fisiográficas de la cuenca Jiménez	19
8.- Características fisiográficas de la cuenca Villalba	20
9.- Características fisiográficas de la cuenca Francisco I. Madero	21
10.- Características fisiográficas de la cuenca Las Burras	22
11.- Características fisiográficas de la cuenca Chuviscar	23
12.- Características fisiográficas de la cuenca El Granero	24
13.- Características fisiográficas de la cuenca Puente FFCC	25
14.- Características fisiográficas de la cuenca Llanitos	26
15.- Déficit hídrico anual de la cuenca Peguis	34
16.- Déficit hídrico anual de la cuenca Parral	35
17.- Déficit hídrico anual de la cuenca Jiménez	36
18.- Déficit hídrico anual de la cuenca Villalba	37
19.- Déficit hídrico anual de la cuenca Francisco I. Madero	38
20.- Déficit hídrico anual de la cuenca Las Burras	39
21.- Déficit hídrico anual de la cuenca Chuviscar	40
22.- Déficit hídrico anual de la cuenca El Granero	41
23.- Déficit hídrico anual de la cuenca Puente FFCC	42
24.- Déficit hídrico anual de la cuenca Llanitos	43
25.- Valores de la media reducida	46
26.- Valores de la desviación típica reducida	46
27.- Valores del factor Gamma	58
28.- Valores del factor de frecuencia I	60
29.- Valores del factor de frecuencia II	61
30.- Valores del número de curva I	83
31.- Valores del número de curva II	84
32.- Resumen de resultados fisiográficos e hidrometeorológicos	96
33.- Resumen de resultados de los déficit hídricos	96
34.- Valores de los exponentes de la ecuación de déficit	99
35.- Resultados de los déficit hídricos calculados	99

RESUMEN

Fecha de Graduación: Enero, 2009

David Estuardo Peña Vidal

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título de la tesis: DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS EN LA AGRICULTURA EN CUENCAS NO AFORADAS.

Número de páginas: 127

**Candidato para el grado de
Maestría en Ciencias
con especialidad en
Ingeniería Ambiental**

A últimas fechas, el cambio climático mundial ha ocasionado estragos alrededor del globo terráqueo con fenómenos meteorológicos extremos como inundaciones, aumentos radicales de temperatura y heladas, que son fenómenos con existencias relativamente efímeras y con efectos instantáneos; sin embargo, uno de los más longevos y con consecuencias igualmente devastadoras en distintos ámbitos de la actividad humana es la sequía, que afecta principalmente a la agricultura, ya que es la base de la mayoría de las economías.

En México, la zona norte es la que presenta este fenómeno con más severidad, afectando directamente a la cuenca del Río Bravo, cuyo principal aporte es el Río Conchos, cuya cuenca es objeto de esta investigación.

Más del 90% del agua aprovechable en la cuenca es para uso agrícola, por lo que la aparición de una sequía en la zona afecta directamente las cosechas y por ende, las utilidades económicas provenientes de éstas, por ello, resulta importante poder prever anticipadamente el impacto económico que podría provocar. Por lo anterior, se reunió la información de la producción agrícola de la zona, particularmente del distrito de riego 05 "Las Delicias", así como de las estaciones hidrométricas que cuentan con la información suficiente, se realizó el trazo de las cuencas correspondientes y se calcularon las características fisiográficas de cada una para que, mediante un análisis matemático, se obtuviera la severidad de la sequía asociada a un periodo de retorno.

Una vez definidos estos parámetros se procede a cotejar la información de manera que se puede definir cuantitativamente la esperanza de daños de índole económica que puede provocar una sequía asociada a distintos periodos de retorno.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Las técnicas de remediación ambiental (RA) y la ingeniería ambiental (IE) son disciplinas que se han desarrollado a partir de la necesidad de abordar los problemas ambientales que surgen como consecuencia de la actividad humana. La RA se refiere a la aplicación de técnicas para eliminar o reducir los impactos negativos de la contaminación en el medio ambiente, mientras que la IE se refiere a la aplicación de técnicas para prevenir o reducir los impactos negativos de la actividad humana en el medio ambiente.

Un buen ejemplo de estas técnicas ambientales es el uso de plantas para la remediación de suelos contaminados. Las plantas pueden absorber los contaminantes del suelo y almacenarlos en sus tejidos, lo que permite su eliminación del medio ambiente. Este tipo de técnicas ha sido utilizado exitosamente en varios casos, como en el caso de la contaminación del suelo por pesticidas en la zona de cultivo de maíz en el estado de Nuevo León.

En el Estado de Nuevo León, ante el creciente problema de contaminación del medio ambiente, el gobierno estatal ha implementado varias estrategias para abordar este problema. Una de las estrategias más importantes es la implementación de programas de remediación ambiental, que buscan eliminar o reducir los impactos negativos de la contaminación en el medio ambiente. Estos programas han sido exitosos en varios casos, como en el caso de la contaminación del suelo por pesticidas en la zona de cultivo de maíz en el estado de Nuevo León.

Además del uso de plantas para la remediación de suelos contaminados, se han desarrollado otras técnicas, como el uso de microorganismos para la degradación de contaminantes orgánicos. Estas técnicas han sido utilizadas exitosamente en varios casos, como en el caso de la contaminación del agua por hidrocarburos en la zona de cultivo de maíz en el estado de Nuevo León.

1.- INTRODUCCIÓN



1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- ANTECEDENTES

Las fluctuaciones climáticas intraestacionales y de largo plazo que se han observado en diversas regiones de la Tierra, han comenzado a ser objeto de interés, debido principalmente a su impacto directo en la producción agrícola y en la incidencia de desastres.

Un buen ejemplo de estas variaciones climáticas en México son las frecuentes sequías severas que se presentaron en la década pasada y la tendencia a un aumento de lluvia en el noroeste en la época invernal, así como variaciones en la lluvia en el nivel regional, tanto en el sur de nuestro país como en América Central.

En el Estudio de País: México ante el cambio climático, coordinado por el Instituto Nacional de Ecología en 1995 (INE 1995), se analizó la sequía desde el punto de vista meteorológico, y se definió como una función del déficit de precipitación con respecto a la precipitación media anual o estacional de largo periodo, y su duración en una determinada región.

También del análisis de escenarios de cambio climático se han obtenido resultados que sugieren que el clima de México será más seco y más caliente, y que varias cuencas hidrológicas de México serán altamente vulnerables a estos cambios.

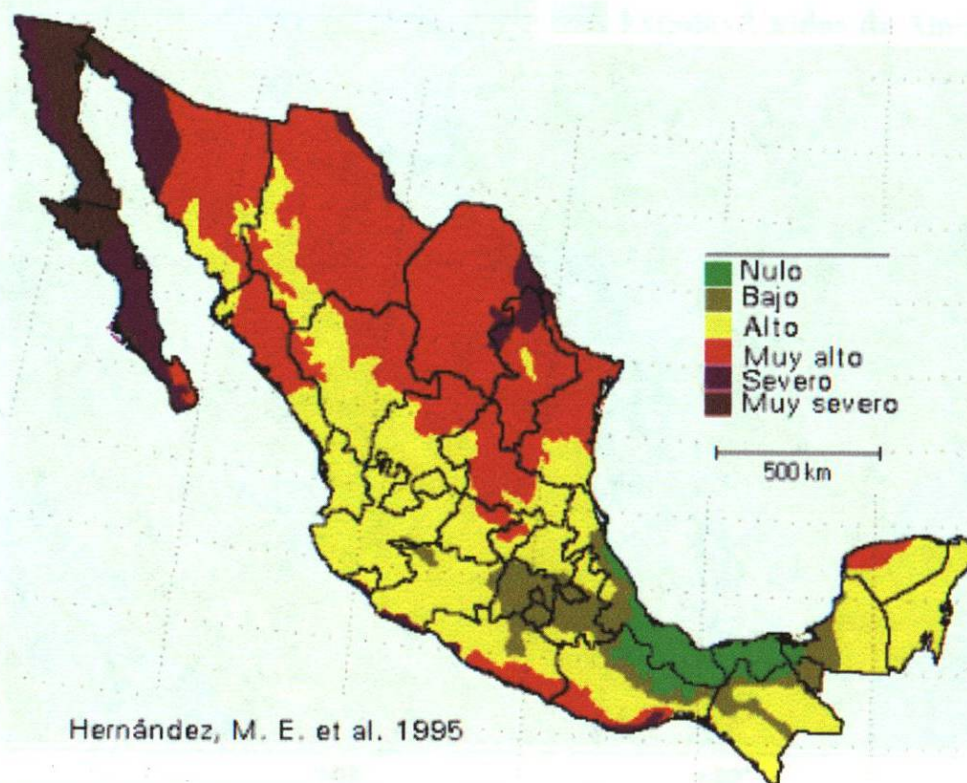


Ilustración 1.- Severidad de las sequías

1.1.1.- Cuenca del Río Bravo

Como puede verse en la *ilustración 1*, una de las cuencas que presentan sequías más severas, es la cuenca del Río bravo.

El río Bravo es una corriente de agua que nace en las montañas nevadas de Colorado y Nuevo México; de él depende el abasto de agua y energía eléctrica de aproximadamente trece millones de personas. A lo largo de su recorrido de mil 455 kilómetros, atraviesa los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, del lado mexicano; y Colorado, Nuevo México y Texas, del lado estadounidense, así como los pueblos nativos al norte de Nuevo México, *ilustración 2*.

El río Bravo desemboca en el Golfo de México por Tamaulipas. Por su longitud ocupa el lugar dieciocho en el mundo.

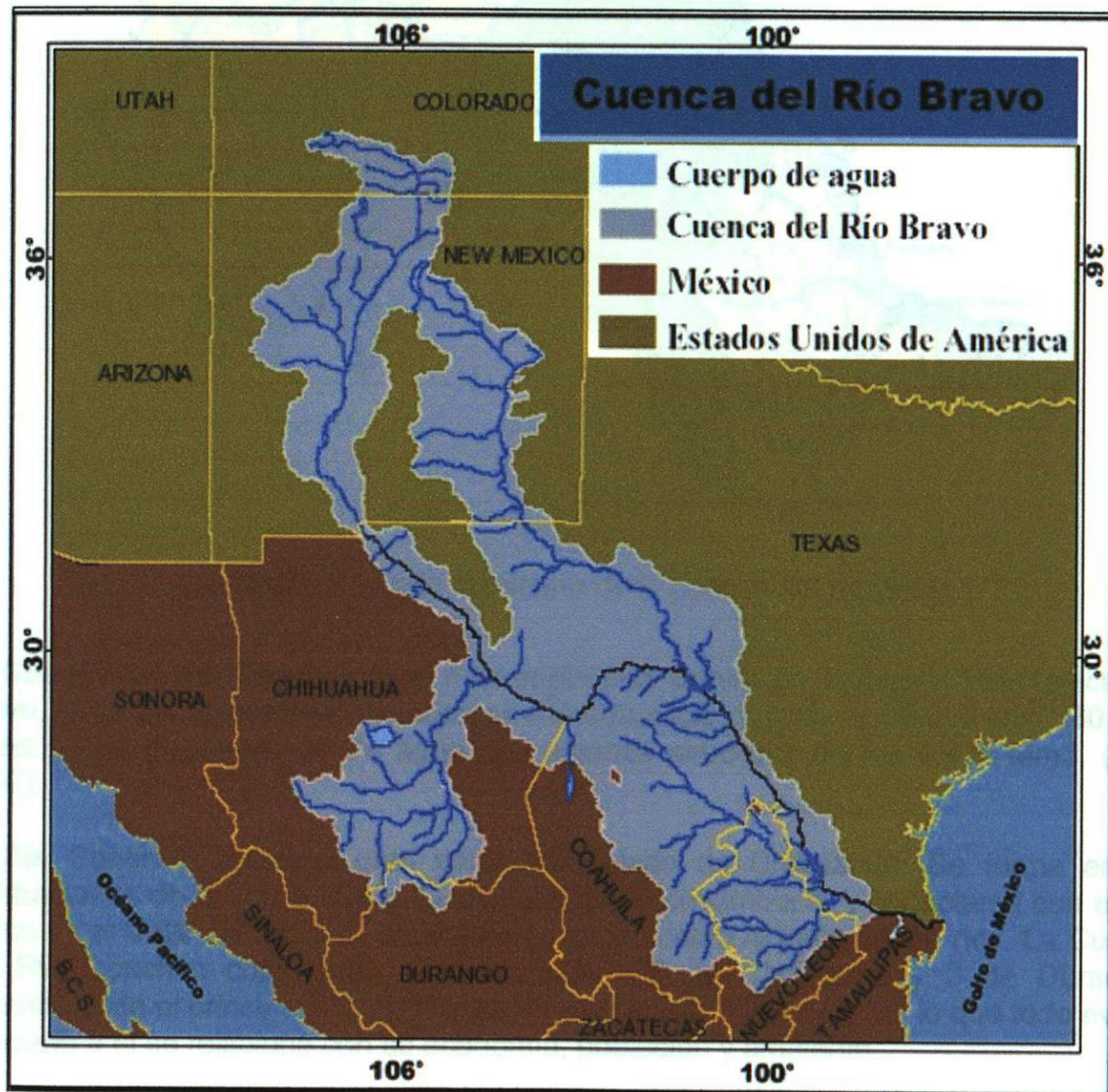


Ilustración 2.- Cuenca del río Bravo

La cuenca del Bravo, como se ve en la *ilustración 3*, es nutrida (del lado mexicano) con aguas tributarias provenientes de los ríos Conchos, Salado, Sabinas, Medio Bravo, Álamo, San Juan y Bajo Bravo.

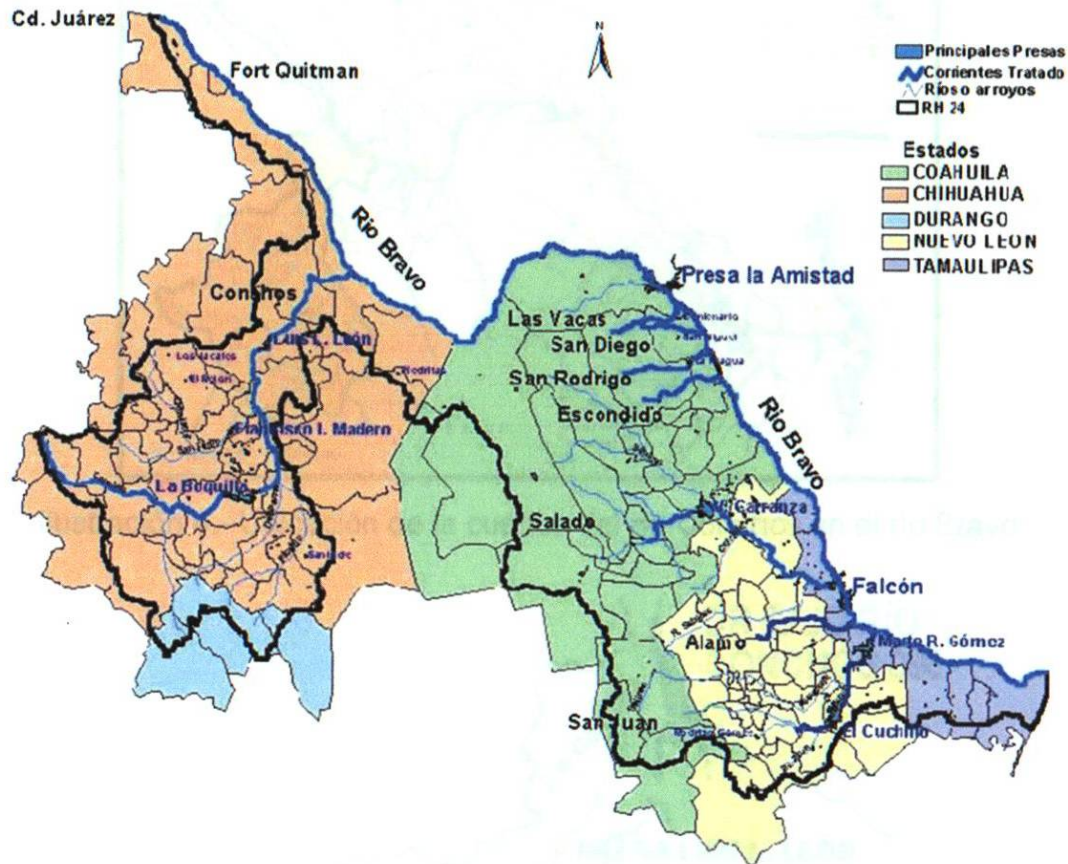


Ilustración 3.- Lado mexicano de la cuenca del río Bravo

La Cuenca del Río Conchos es la más importante dentro de la Región Hidrológica Río Bravo, tanto por su extensión al abarcar una superficie de más de 68,000 km², (30.2%), como por la disponibilidad de agua que alcanza alrededor de los 4,077 Mm³. (CNA 1997).

El Río Conchos atraviesa gran parte del estado de Chihuahua. Se forma en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental hasta desembocar y conectarse con el Río Bravo en el Valle de Ojinaga, en el sitio conocido como la junta de los ríos. La Cuenca del Río Conchos comprende 40 municipios (37 de Chihuahua y 3 de Durango), constituyendo el principal escurrimiento del estado de Chihuahua por lo que todo evento asociado a él se relaciona con su economía, población y ambiente.

1.1.2.- Cuenca del Río Conchos



Ilustración 4.- Ubicación de la cuenca del río Conchos en el río Bravo

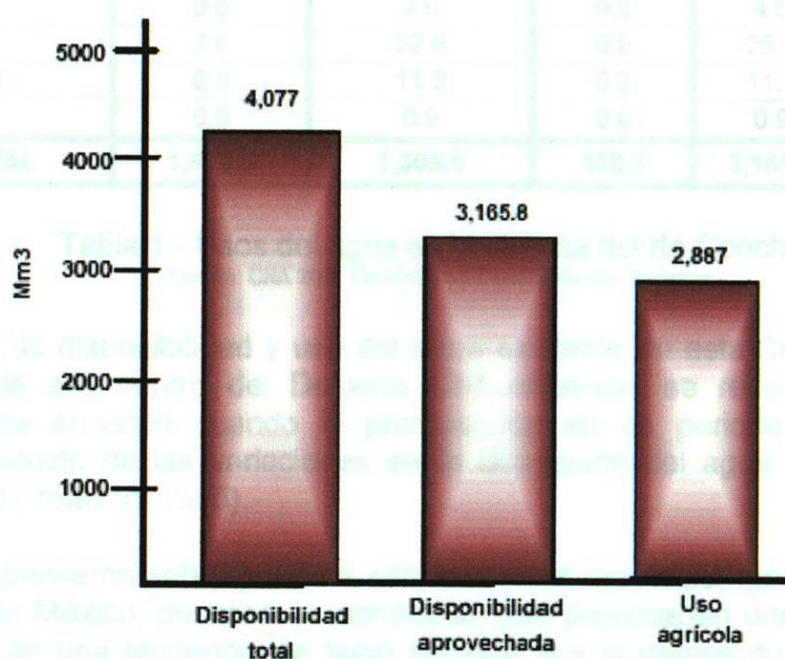


Ilustración 5.- Distritos de riego de la cuenca del río Conchos

De ese volumen global disponible se aprovechan dentro de la cuenca 3,165.8 Mm³ (77.6%), de los cuales 1,672 se originan en las extracciones de los escurrimientos superficiales, 1,308 Mm³ en las extracciones de los acuíferos y 185.8 Mm³ de retorno; el resto, alrededor de 900 Mm³ se vierten en su confluencia con el Río Bravo.

Las aguas extraídas de ambas fuentes se destinan principalmente para uso agrícola, 2,887 Mm³, equivalente al 71.4% del total disponible y al 91.2% del total aprovechado.

En la *ilustración 6* se observan comparativamente los tres valores globales aquí descritos:



Fuente: CNA 2001 Comisión de Cuenca del Río Conchos. Diagnóstico.

Ilustración 6.- Disponibilidad total y aprovechada, volumen de uso agrícola

Con mayor precisión, en la *tabla 1* se observan los diferentes usos del agua en la Cuenca por cada una de sus fuentes:

USOS	FUENTE			TOTAL (Mm ³ /año)	%
	SUPERFICIAL (Mm ³ /año)	SUBTERRÁNEO (Mm ³ /año)	RETORNO (Mm ³ /año)		
Doméstico	28.0	172.0	0.0	200.0	6.3
Industrial	1.0	23.8	0.0	24.8	0.8
Agrícola	1,640.0	1,061.2	185.8	2,887.0	91.2
Energía eléctrica	0.0	12.5	0.0	12.5	0.4
Minería	0.0	4.0	0.0	4.0	0.1
Pecuario	3.0	22.6	0.0	25.6	0.8
Comercial	0.0	11.0	0.0	11.0	0.3
Turismo	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0
TOTAL	1,672.0	1,308.0	185.8	3,165.8	100.0

Tabla 1.- Usos del agua en la cuenca del río Conchos

Fuente: CNA 2001 Comisión de Cuenca del Río Conchos

Sin embargo, la disponibilidad y uso del agua existente en esta Cuenca, ubicada una gran parte de ella dentro del Desierto Chihuahuense, se reducen al presentarse sequías; estas suceden cuando la precipitación en un periodo es menor que el promedio producto de las variaciones en la circulación del agua que disminuyen su disponibilidad (Velasco, 1996).

En 1980, se previeron sobre posibles cambios en la circulación general de los vientos en el norte de México, de zonal a meridional, que provocarían una disminución en la precipitación en una tendencia de largo periodo, por lo menos durante 50 años, que afectarían drásticamente al ambiente y los sistemas productivos.

Según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1997), a nivel del Estado de Chihuahua de un periodo de 50 años sólo durante ocho de ellos ocurrieron precipitaciones normales o abundantes, siendo más frecuentes las sequías identificadas cuando la precipitación es menor al 80% de la media anual, fenómeno que es del orden del 50% en esta entidad federativa, con periodos continuos por debajo de la media en corridas de 3 a 14 años. En el mismo tiempo se han presentado seis sequías en casi toda la superficie estatal.

Los datos anteriores reflejan que el problema de déficit hídrico en la Cuenca del Río Conchos es un fenómeno que debe modificar la visión y los criterios de planeación del desarrollo económico en este espacio geográfico comprendido en gran parte del desierto, ya que si bien es difícil predecir años o periodos de escasez o abundancia de agua, las directrices sobre el manejo de este recurso deben basarse en las probabilidades reales de menor disponibilidad y no en las condiciones de aparente abundancia. Sólo de esa manera se estará preparado para prever las sequías, reducir sus impactos sociales y ambientales, disminuir la vulnerabilidad de la Cuenca y posibilitar su conservación.

Las sequías son fenómenos naturales sobre los cuales si bien es probable que incidan en ellos factores antropogénicos como el calentamiento y modificación de la atmósfera del planeta debido a las actividades industriales, la población del desierto debe aprender a convivir con ellas acorde con el comportamiento del ciclo hidrológico en este tipo de ecoregiones. Este debe ser el marco de negociación para disminuir las tensiones sociales relacionadas con la apropiación, uso y conservación del agua en una Cuenca como la del Río Conchos donde ya es motivo de controversia entre usuarios y naciones.

Al reflejarse las sequías en una disminución de la disponibilidad de agua, en los escurrimientos superficiales es importante observar la relación que se establece entre la precipitación, almacenamiento y extracción que se hace en los diferentes puntos de control que se tienen.

Uso agrícola del agua e impacto de la sequía en la agricultura

En la Cuenca del Río Conchos el aprovechamiento del agua con fines agrícolas se realiza en las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERALES) y en los Distritos de Riego (DR), utilizándose en los primeros alrededor del 42.1%, del volumen aprovechado, mientras que en los segundos el 57.9% restante, como se observa en la *tabla 2*:

Superficies	Volumen utilizado (Mm ³)				Superficie agrícola (Has)	
	Pozos profundos	Escurremientos superficiales	TOTAL	%	TOTAL	%
Unidades de riego	880.0	283.0	1,163.0	42.1	132,588	58.23
Distritos de riego	282.0	1,315.0	1,597.0	57.9	95,124	41.77
TOTAL	1,162	1,598	2,760	100	227,712	100

Tabla 2.- Volúmenes y superficies de riego agrícola

Fuente: CNA 1997 Programa Hidráulico de Gran Visión del Estado de Chihuahua 1996-2020

Al ser variable la disponibilidad del agua, particularmente la que proviene de los escurrimientos superficiales, el área agrícola asume un comportamiento errático con fuertes costos económicos para los agricultores.

La reducción de la superficie agrícola obliga a los agricultores a solo sembrar los cultivos más rentables y/o con mayor productividad del agua; es por ello que organismos financieros gubernamentales como los Fondos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA, 1999), han estimado en regiones como el Distrito de Riego 005 Delicias que los cultivos de alfalfa, nogal, chile y cacahuete son los que tienen una mejor relación beneficio-costos, mientras que los últimos dos presentan una mejor productividad del agua (\$/millar de m³), no así los dos primeros que se mantienen por las inversiones aplicadas en ellos como perennes y por su rentabilidad financiera.

Estas recomendaciones que hace el FIRA en el Valle de Delicias son importantes para regir el comportamiento de la producción agrícola regional, en la medida que constituye la principal fuente de financiamiento oficial que en gran parte adoptan los bancos privados, además de que las sugiere en la zona o región agrícola de riego con mayor relevancia en el Estado de Chihuahua y en la Cuenca del Río Conchos.

En la siguiente tabla se observan los datos que soportan las anteriores aseveraciones:

Cultivo	Beneficio-Costo		Productividad del agua (\$/millar m ³)			
	1996	1999	1996	1997	1998	1999
Alfalfa	1.74	2.01	507	325	539	511
Nogal	0.76	2.18	279	1170	979	964
Cacahuete	1.91	1.56	1700	1232	968	1429
Chile	1.33	1.28	1501	2161	2342	1835

Tabla 3.- Relación beneficio-costo y productividad del agua en los principales cultivos sembrados en el Distrito de Riego 005 Delicias

Fuente: FIRA 1999 Plan piloto de planeación estratégica

El FIRA considera que la escasez de agua para riego ha influido en el número de ciclos de riego, en el costo del agua y en el mercado de arrendamiento o venta de derechos de agua. Ciertamente, la reducción de la superficie sembrada se expresa en todos los ciclos agrícolas, pero particularmente en los cultivos de Otoño-Invierno y en los llamados Segundos Cultivos. Otra vez, el ejemplo para representar lo anterior puede visualizarse en las estadísticas del patrón de cultivos de los últimos 22 años del Distrito de Riego 005 Delicias.

La restricción en la disponibilidad de agua incide en su costo y mercado al aumentar la demanda, sobre todo en los cultivos perennes. Continuando con la referencia del Valle de Delicias donde la asignación de derechos de agua se hace con base al millar como unidad de medida (Un millar = 1,000 m³), en esta región se observa una disminución del volumen asignado como sucede en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2002, que se reduce a 20 millares por derecho, mientras que en el año anterior fue de 27 millares con los cuales es posible sembrar alrededor de tres hectáreas, según el cultivo, el manejo que se le dé a este y las condiciones físicas en que se realice; se considera un ciclo agrícola "normal" cuando la asignación es de 100 millares.

El costo de estos derechos varía según el volumen asignado y las exigencias que tengan los agricultores para usarlo en sus cultivos; así, en el año 2001 un millar se cotizó en \$75.00, por lo que el costo de 27 millares fue de \$2,025.00; sin embargo, hubo convenios privados de arrendamiento donde la cotización osciló entre esa cantidad hasta \$6,000.00, por lo que en el presente ciclo es de esperarse que también el costo del agua sea elevado a pesar de que el volumen asignado sea menor.

La escasez impacta el mercado de agua favoreciendo las transferencias de derechos entre los Módulos de Riego y los usuarios, particularmente de los pequeños a los grandes debido a que la reducción de la superficies sembradas con derecho a riego también disminuye el interés por esta actividad, aunado a la reubicación que en ocasiones tiene que hacerse de las superficies de cultivo por la compactación de áreas en sitios más cercanos a las redes de conducción del agua para posibilitar una mayor eficiencia.

Si los agricultores no encuentran una forma de complementar sus ingresos se ven obligados a transferir sus volúmenes de agua a quienes posean mayor capacidad económica para adquirirlos, que pueden ser aquellos quienes en sus predios cuentan con pozos profundos de bombeo privados y/o hayan establecidos cultivos perennes como alfalfa o nogal, a los cuales provocaría pérdidas severas si se dejan de regar en la medida que han aplicado en ellos inversiones cuantiosas y requieren un manejo durante un periodo de tiempo mayor a la duración de un ciclo agrícola estacional o anual.

1.2.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1.- Objetivo General

Definir de manera cuantitativa, a través del análisis de la información hidrometeorológica disponible, la magnitud de la escasez del recurso hídrico, así como la severidad en el impacto económico que ésta genera en materia agropecuaria.

1.2.2.- Objetivo Específico

Recabar la información hidrométrica, meteorológica, topográfica y cartográfica de lo referente a la cuenca del río Conchos, así como datos fisiográficos, de uso de suelo y principales cultivos de la región, con el fin de obtener la esperanza de daños de índole económico que se generan en la agricultura de la zona en estudio.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

El problema del agua en las ecoregiones áridas como el Desierto Chihuahuense se origina en una interpretación antropocéntrica equivocada del ciclo hidrológico, la cual, lamentable o afortunadamente, ha evidenciado sus limitaciones ante un constante y real déficit hídrico como lo expresan los períodos de sequía similares al que enfrentamos actualmente.

La creciente demanda de agua para diversos usos se convierte en un factor de presión humana sobre este recurso, cuya disponibilidad y distribución física está predeterminado por la propia naturaleza, volviendo vulnerables las cuencas hidrográficas donde esto sucede tal y como hoy en día se observa en la Cuenca del Río Conchos.

Por su importancia en cuanto a extensión y disponibilidad hídrica, esta Cuenca ha sido puesta en la mesa de la reflexión en la medida que su problemática ha adquirido una connotación socioeconómica, ambiental y binacional. En ella se denota que la prolongación del último período de sequía ha reducido las superficies agrícolas con altos costos para los agricultores; presenta también costos ambientales al disminuir los escurrimientos sobre el río con el consecuente deterioro de los ecosistemas riparios, afectando la biodiversidad y el hábitat en que esta reside; ha obligado al racionamiento del agua en ciudades importantes para satisfacer la demanda municipal.

1.4.- HIPÓTESIS

El déficit del recurso hídrico puede generar, entre otras cosas, impactos importantes dentro de las distintas actividades humanas, siendo la agropecuaria una de las más importantes, ya que representa la base de la economía de la región.

2.1.- Descripción de la zona de estudio

2.1.1.- Ubicación y límites de la zona de estudio

Para la realización de esta investigación se seleccionó una zona específica del municipio de San Nicolás de los Garza, para lo cual se consideró los siguientes factores:

Estación	Altura	Coordenadas		Límites		Longitud	
		Este	Norte	Grados	Minutos	Grados	Minutos
Punto 1	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 2	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 3	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 4	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 5	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 6	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 7	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 8	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 9	1000	1000000	1000000	10	00	10	00
Punto 10	1000	1000000	1000000	10	00	10	00

2.- METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología utilizada en esta investigación, la cual se basó en los siguientes pasos:

2.1.- MARCO FÍSICO

2.1.1.- UBICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

Para su estudio, se seleccionaron diez estaciones hidrométricas diseminadas por el área total de la cuenca, que a continuación se enumeran en la *tabla 4*:

Estación	Clave	Coordenadas		Latitud		Longitud	
		Este	Norte	Grados	Minutos	Grados	Minutos
Peguis	24388	526323	3263639	29	30	104	43
Parral	24346	426448	2978372	26	55	105	44
Jiménez	24225	507307	3002658	27	08	104	55
Villalba	24181	423177	3095879	27	59	105	46
Fco. I. Madero	24218	437525	3116801	28	10	105	22
Las Burras	24226	459934	3157464	28	32	105	24
Chuviscar	24331	391820	3166892	28	37	106	06
El Granero	24339	473452	3208210	29	00	105	16
Puente FFCC	24280	434938	2932245	26	30	105	39
Llanitos	24400	377944	2952791	26	41	106	13

Tabla 4.- Ubicación de las estaciones hidrométricas

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

A continuación, en la *ilustración 7* se muestra su ubicación geográfica en las cartas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

2.1.2.- DEFINICIÓN DE LAS SUBCUENCAS

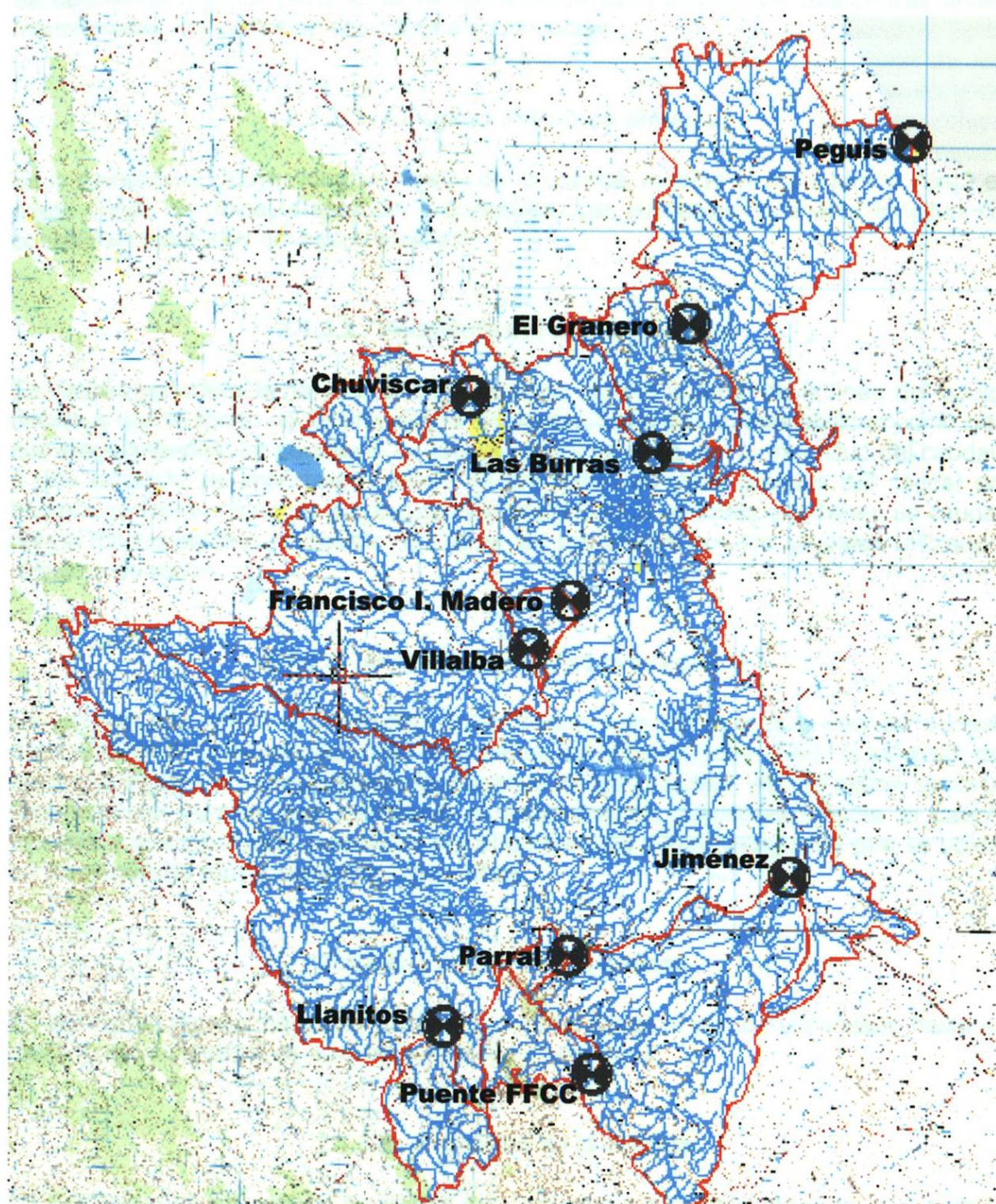


Ilustración 7.- Ubicación de las estaciones hidrométricas

2.1.3.- CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

Se obtuvieron algunos parámetros fisiográficos de cada una de las subcuencas antes mencionadas, los cuales se describen a continuación:

2.1.3.1.- Longitud del cauce principal

Es la corriente de mayor longitud dentro de la cuenca, medida desde su inicio hasta el punto donde se ubica la estación hidrométrica. Las corrientes de menor longitud se consideran tributarias del cauce principal.

2.1.3.2.- Pendiente del cauce principal

En cauces naturales la pendiente longitudinal se mide a lo largo de la línea del agua, debido a que el fondo no es una buena referencia, tanto por su inestabilidad como por sus irregularidades. La pendiente de la línea del agua varía con la magnitud del caudal, y esa variación es importante cuando se presentan cambios grandes del caudal en tiempos cortos, por ejemplo al paso de crecientes. En los periodos que tienen un caudal más o menos estable es posible relacionar las pendientes con los caudales utilizando registros de aforos.

2.1.3.3.- Área de aportación de la cuenca

Es considerada como el parámetro físico básico que define a una cuenca, siendo determinante de la escala de varios fenómenos hidrológicos tales como, el volumen de agua que ingresa por precipitación, la magnitud de los caudales, etc. Se define como la superficie del terreno que contribuye al escurrimiento, dirigiéndolo hacia el cauce principal y sus tributarios, delimitada por el parteaguas o línea imaginaria que se ubica en los puntos de mayor elevación topográfica.

2.1.3.4.- Longitud de la cuenca

Es la longitud del eje mayor de la cuenca, medido desde el punto más alejado hasta el exutorio, generalmente es paralelo a la corriente principal.

2.1.3.5.- Perímetro de la cuenca

Es la longitud en proyección horizontal del parteaguas o límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de ésta.

2.1.3.6.- Pendiente de la cuenca

Dada la variación considerable de la pendiente del terreno en una cuenca típica, es necesario definir un índice promedio que la represente, cuya precisión dependerá de la calidad del mapa que se utilice. La pendiente media de la cuenca, es uno de los factores que mayor influencia tiene en la duración del escurrimiento, sobre el suelo y los cauces naturales, afectando de manera notable, la magnitud de las descargas; influye así mismo, en la infiltración, la humedad del suelo y la probable aparición de aguas subterránea al escurrimiento superficial, aunque es difícil la estimación cuantitativa, del efecto que tiene la pendiente sobre el escurrimiento para estos casos.

2.1.3.7.- Coeficiente de compacidad

El coeficiente de compacidad es una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia con la misma superficie de la cuenca. Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación:

- Rango entre 1 y 1.25.- Corresponde a forma redonda a oval redonda
- Rango entre 1.25 y 1.5.- Corresponde a forma oval redonda a oval oblonga
- Rango entre 1.5 y 1.75.- Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.

2.1.3.8.- Factor de elongación

El índice de alargamiento es otro parámetro que muestra el comportamiento de forma de la cuenca, pero esta vez no respecto a su redondez, sino a su tendencia a ser de forma alargada, en relación a su longitud axial, y al ancho máximo de la cuenca. Aquellas cuencas que presentan valores mayores a uno, presentan un área mas larga que ancha, obedeciendo a una forma más alargada, que la de aquellas donde la proporción entre largo y ancho de la cuenca, está inclinada hacia la segunda dimensión, directamente relacionada con la forma redondeada, determinada en los índices anteriores. Igualmente, este índice permite cuencas haciendo referencia a la dinámica rápida o lenta del agua en los drenajes y su potencial erosivo o de arrastre.

Cuadro 3.- Cuadro de la cuenca hidrográfica Páguas

Área de aportación de la cuenca	67128 km ²
Longitud de la cuenca	434 km
Perímetro de la cuenca	1374 km
Pendiente de la cuenca	2.44 %
Coeficiente de compacidad	1.374
Factor de elongación	1.74

Tabla 3.- Características fisiográficas

En las siguientes páginas se muestran cada una de las cuencas analizadas con sus respectivas características fisiográficas.

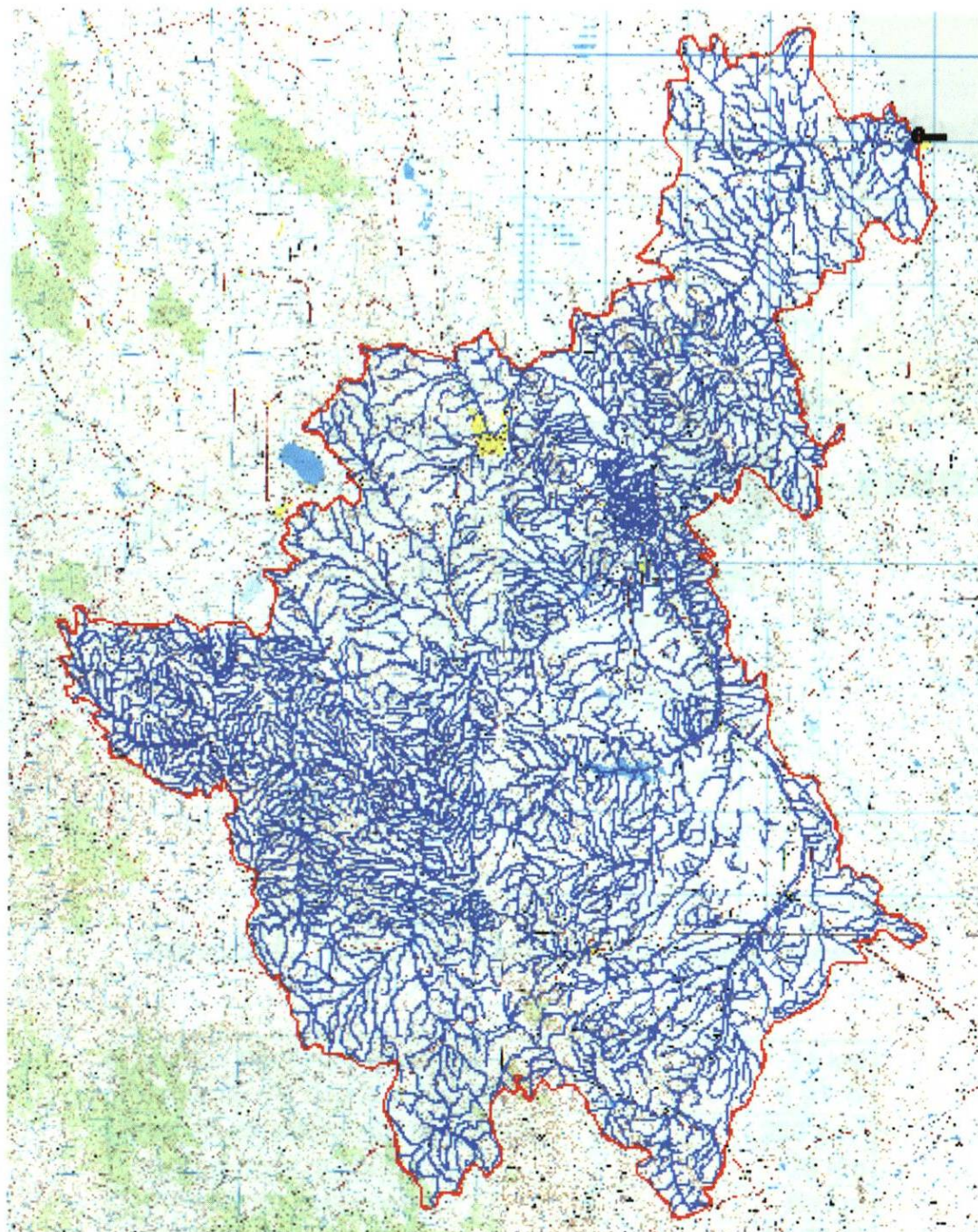


Ilustración 8.- Cuenca de la estación hidrométrica Peguis

Longitud del cauce principal	871 km
Pendiente del cauce principal	0.19 %
Área de aportación de la cuenca	67128 km ²
Longitud de la cuenca	434 km
Perímetro de la cuenca	1984 km
Pendiente de la cuenca	2.44 %
Coefficiente de compacidad	2.159
Factor de elongación	0.674

Tabla 5.- Características fisiográficas de la cuenca Peguis

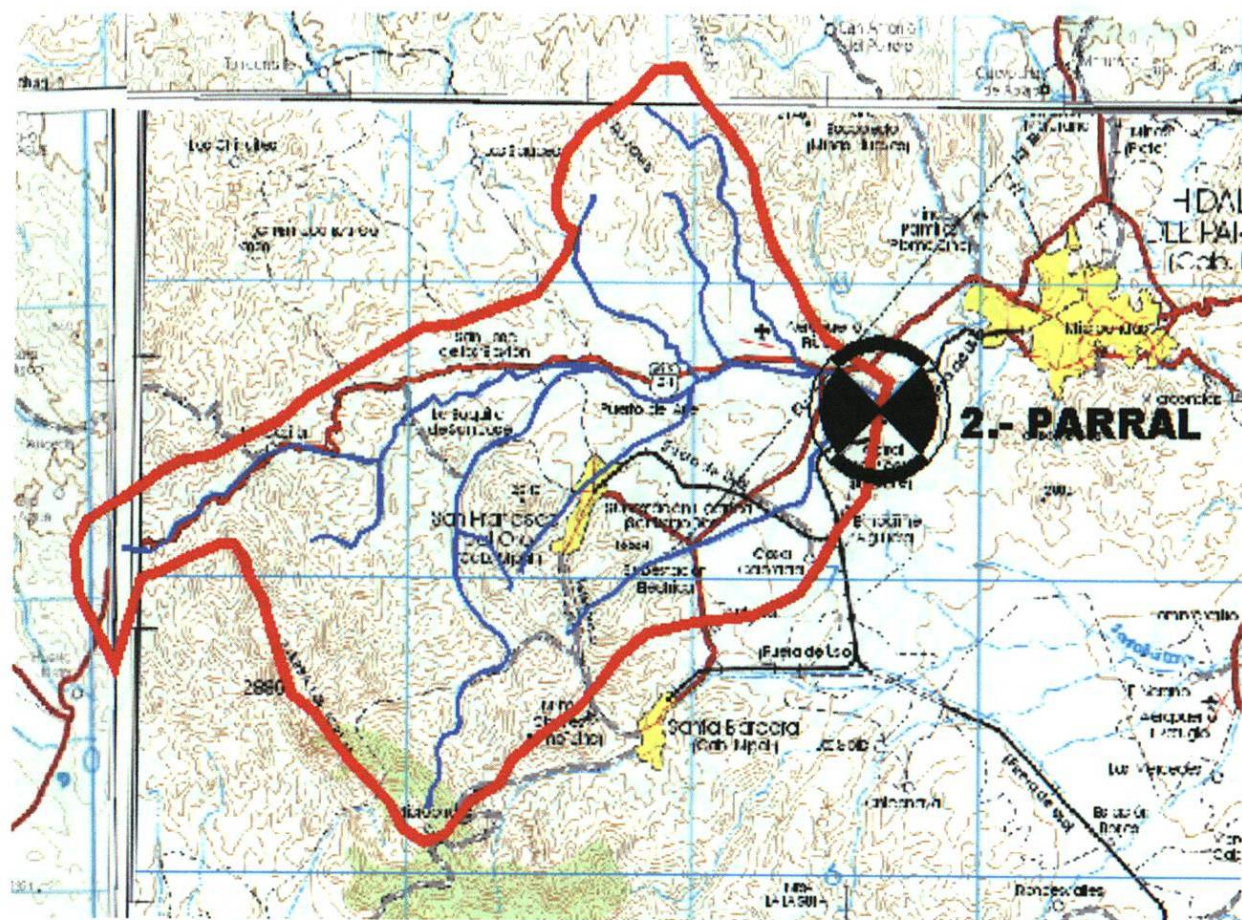


Ilustración 9.- Cuenca de la estación hidrométrica Parral

Longitud del cauce principal	31 km
Pendiente del cauce principal	0.91 %
Área de aportación de la cuenca	333 km ²
Longitud de la cuenca	29 km
Perímetro de la cuenca	90 km
Pendiente de la cuenca	10.96 %
Coefficiente de compacidad	1.391
Factor de elongación	0.710

Tabla 6.- Características fisiográficas de la cuenca Parral

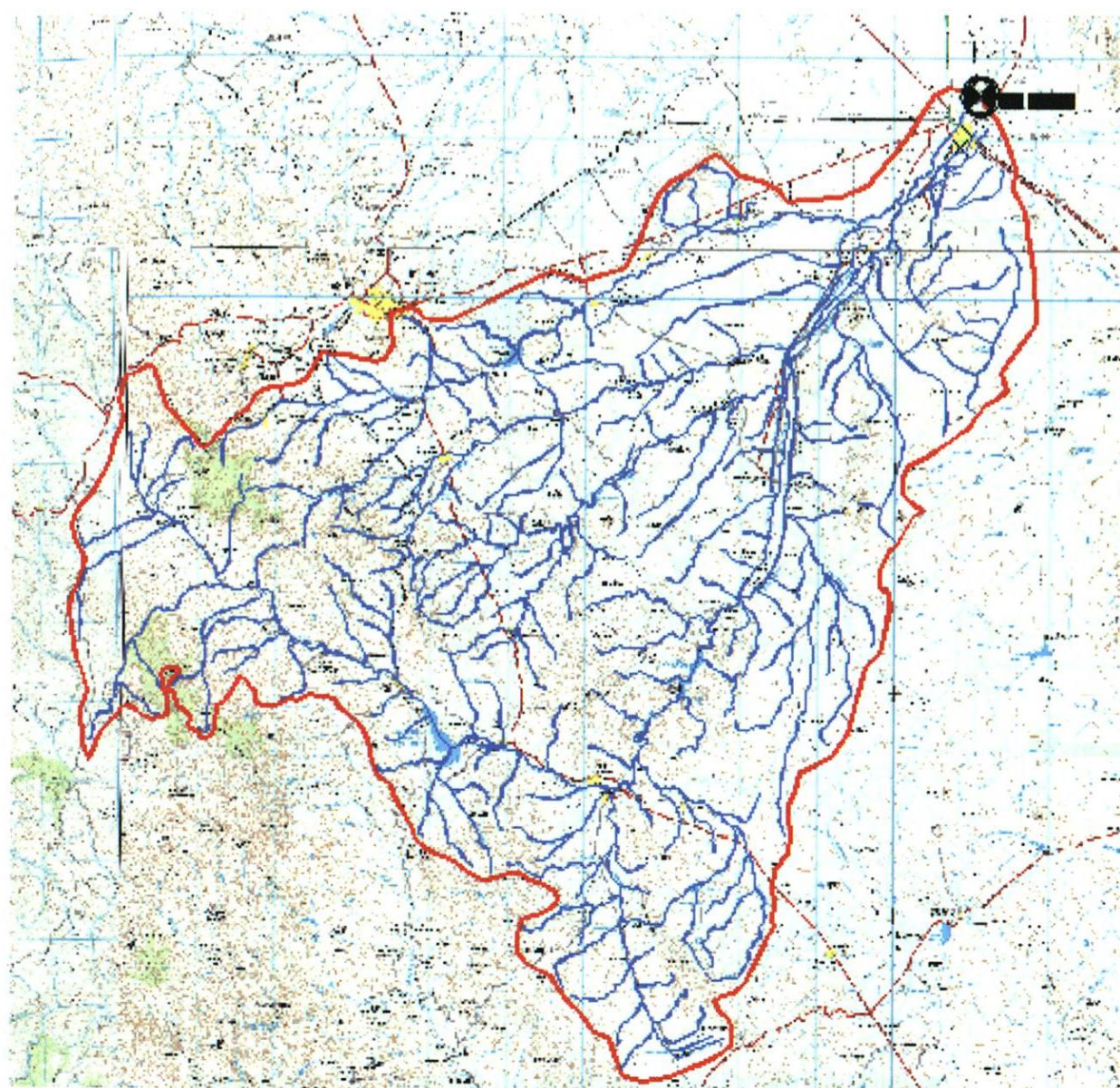


Ilustración 10.- Cuenca de la estación hidrométrica Jiménez

Longitud del cauce principal	214 km
Pendiente del cauce principal	0.55 %
Área de aportación de la cuenca	7770 km ²
Longitud de la cuenca	136 km
Perímetro de la cuenca	486 km
Pendiente de la cuenca	1.58 %
Coefficiente de compacidad	1.555
Factor de elongación	0.731

Tabla 7.- Características fisiográficas de la cuenca Jiménez

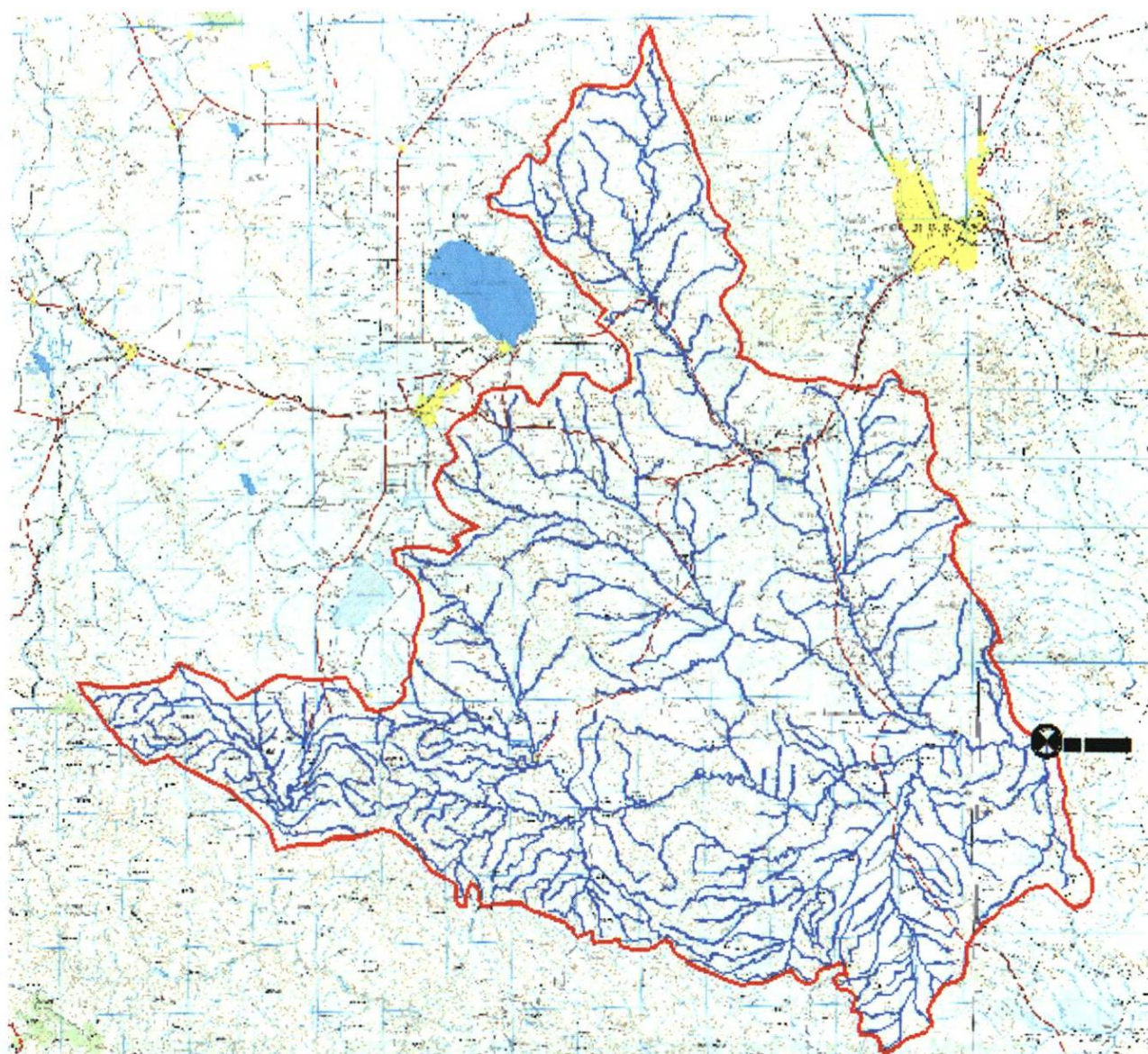


Ilustración 11.- Cuenca de la estación hidrométrica Villalba

Longitud del cauce principal	215 km
Pendiente del cauce principal	0.60 %
Área de aportación de la cuenca	9557 km ²
Longitud de la cuenca	141 km
Perímetro de la cuenca	634 km
Pendiente de la cuenca	2.14 %
Coeficiente de compacidad	1.829
Factor de elongación	0.782

Tabla 8.- Características fisiográficas de la cuenca Villalba

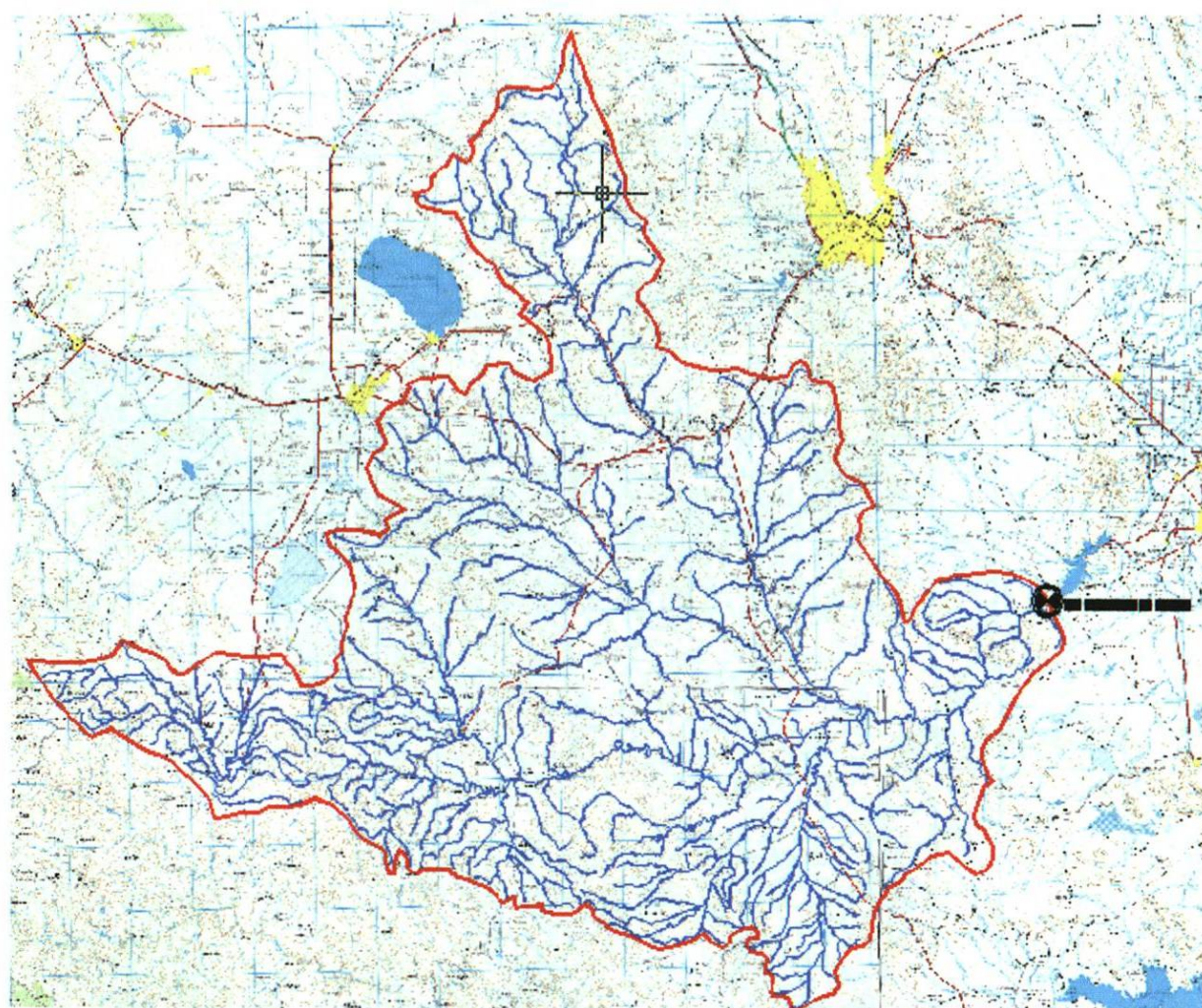


Ilustración 12.- Cuenca de la estación hidrométrica Francisco I. Madero

Longitud del cauce principal	248 km
Pendiente del cauce principal	0.49 %
Área de aportación de la cuenca	10059 km ²
Longitud de la cuenca	162 km
Perímetro de la cuenca	667 km
Pendiente de la cuenca	2.22 %
Coefficiente de compacidad	1.875
Factor de elongación	0.699

Tabla 9.- Características fisiográficas de la cuenca Francisco I. Madero

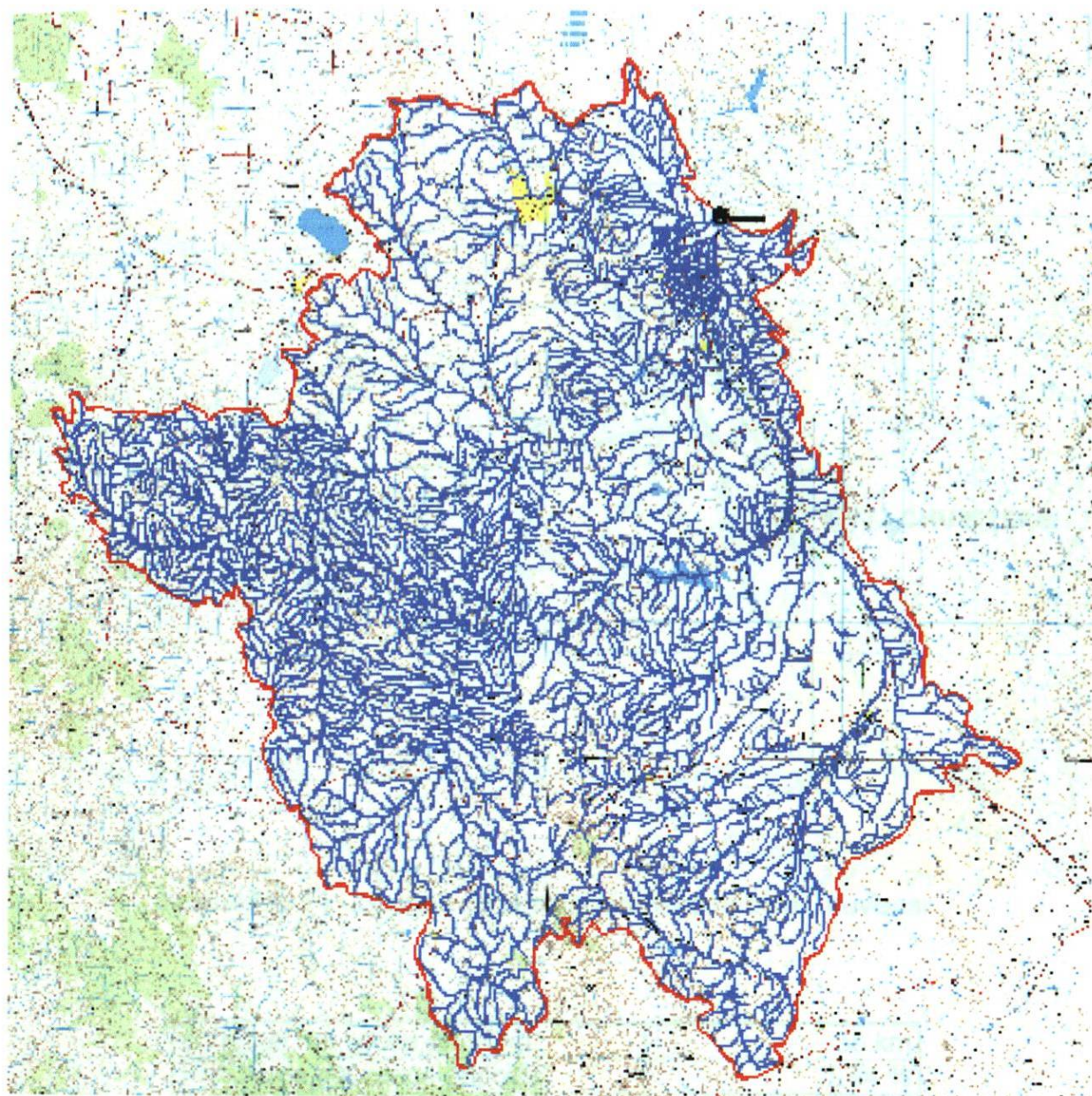


Ilustración 13.- Cuenca de la estación hidrométrica Las Burras

Longitud del cauce principal	595 km
Pendiente del cauce principal	0.16 %
Área de aportación de la cuenca	55377 km ²
Longitud de la cuenca	281 km
Perímetro de la cuenca	1525 km
Pendiente de la cuenca	2.66 %
Coefficiente de compacidad	1.827
Factor de elongación	0.945

Tabla 10.- Características fisiográficas de la cuenca Las Burras

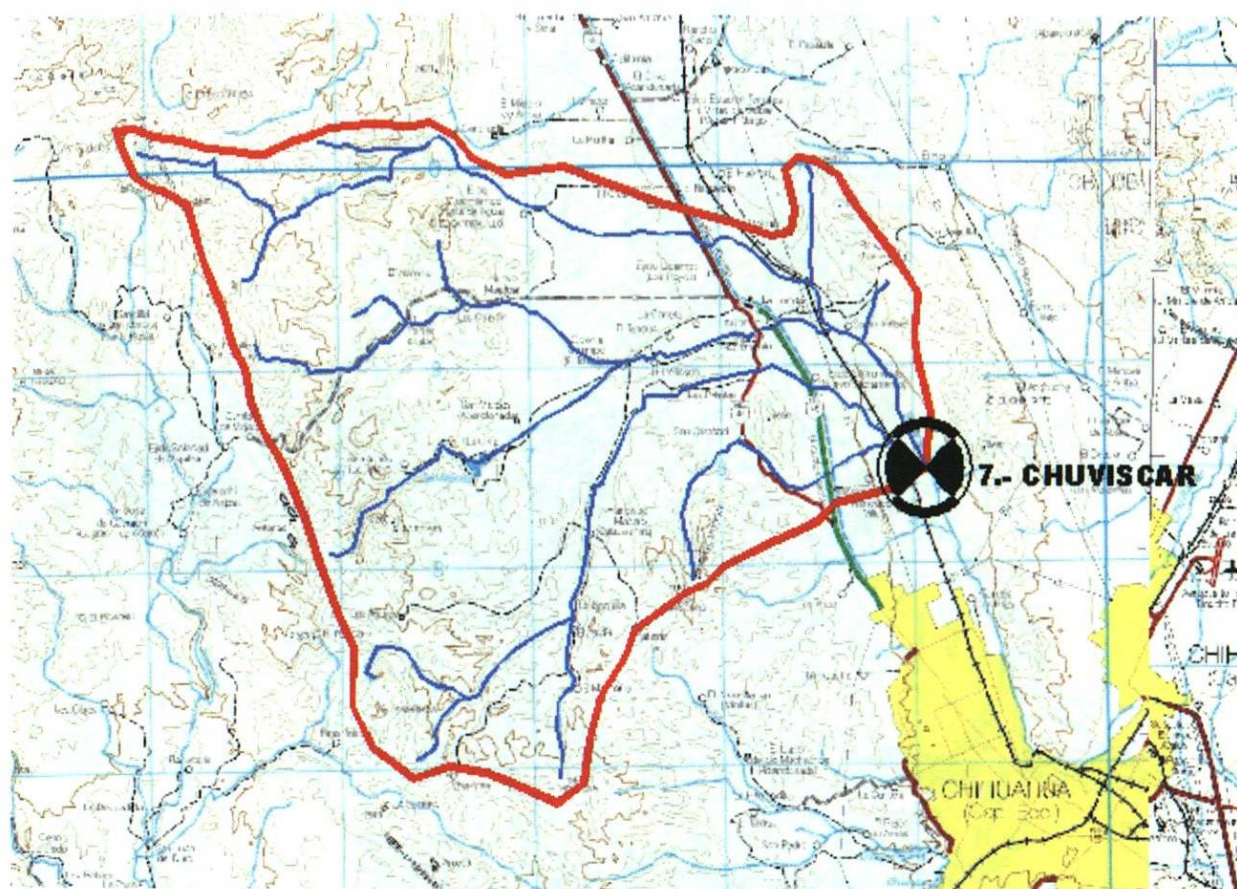


Ilustración 14.- Cuenca de la estación hidrométrica Chuviscar

Longitud del cauce principal	55 km
Pendiente del cauce principal	1.44 %
Área de aportación de la cuenca	854 km ²
Longitud de la cuenca	46 km
Perímetro de la cuenca	135 km
Pendiente de la cuenca	5.21 %
Coefficiente de compacidad	1.303
Factor de elongación	0.717

Tabla 11.- Características fisiográficas de la cuenca Chuviscar

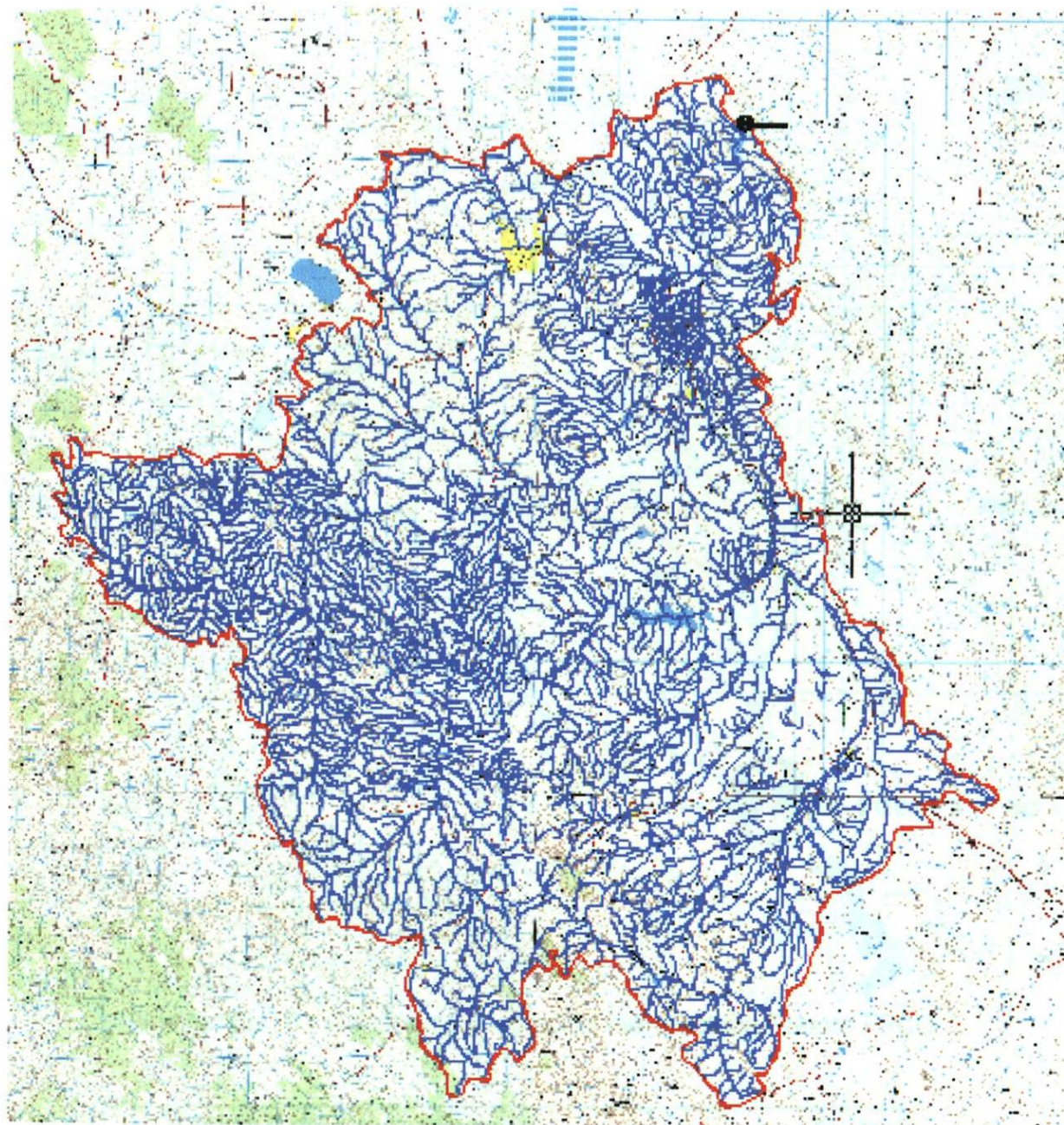


Ilustración 15.- Cuenca de la estación hidrométrica El Granero

Longitud del cauce principal	679 km
Pendiente del cauce principal	0.16 %
Área de aportación de la cuenca	57819 km ²
Longitud de la cuenca	335 km
Perímetro de la cuenca	1565 km
Pendiente de la cuenca	2.55 %
Coefficiente de compacidad	1.835
Factor de elongación	0.810

Tabla 12.- Características fisiográficas de la cuenca El Granero

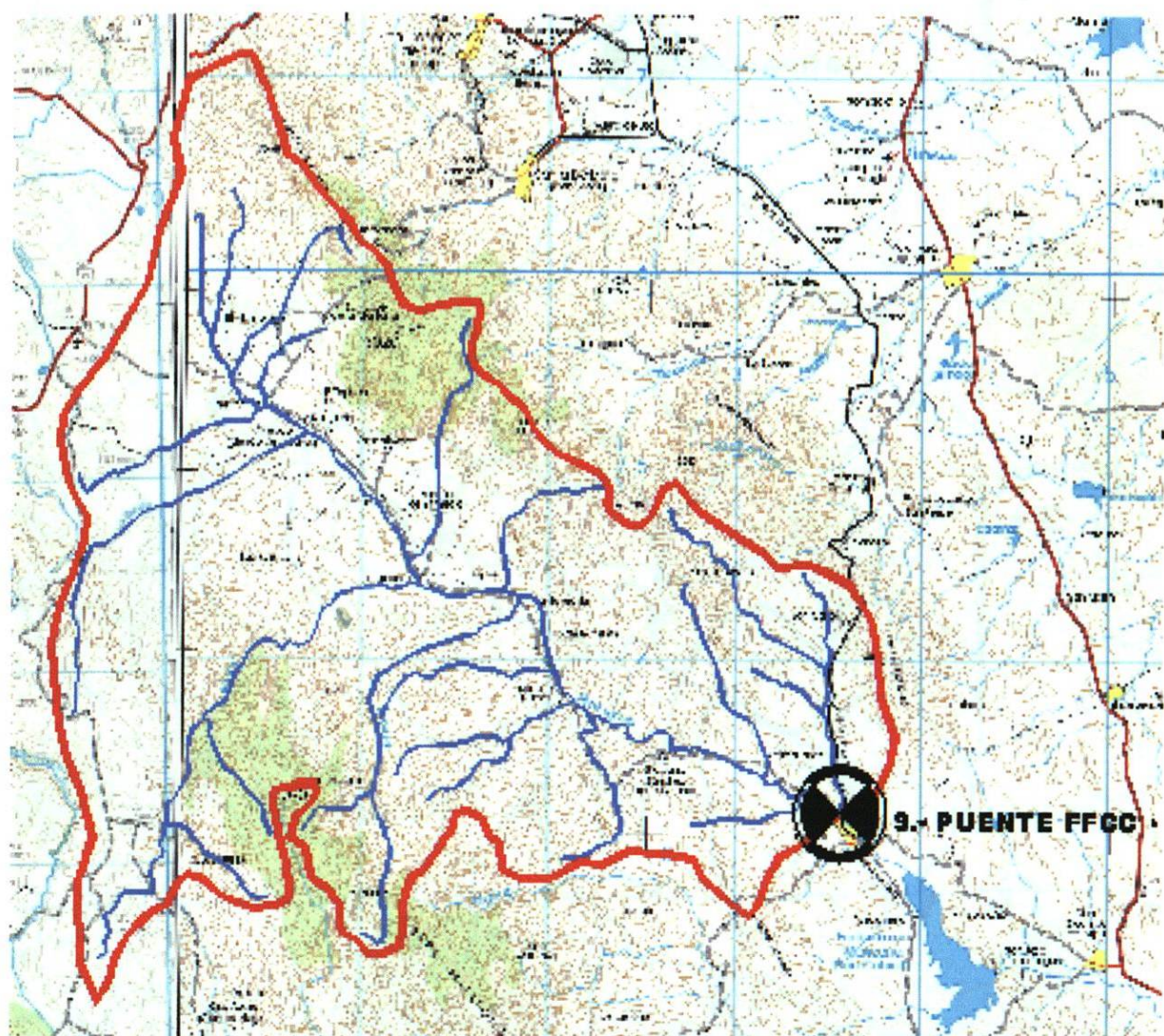


Ilustración 16.- Cuenca de la estación hidrométrica Puente FFCC

Longitud del cauce principal	63 km
Pendiente del cauce principal	0.96 %
Área de aportación de la cuenca	1162 km ²
Longitud de la cuenca	50 km
Perímetro de la cuenca	189 km
Pendiente de la cuenca	3.31 %
Coefficiente de compacidad	1.564
Factor de elongación	0.769

Tabla 13.- Características fisiográficas de la cuenca Puente FFCC



Ilustración 17.- Cuenca de la estación hidrométrica Llanitos

Longitud del cauce principal	88 km
Pendiente del cauce principal	1.00 %
Área de aportación de la cuenca	1581 km ²
Longitud de la cuenca	64 km
Perímetro de la cuenca	187 km
Pendiente de la cuenca	11.86 %
Coefficiente de compacidad	1.326
Factor de elongación	0.701

Tabla 14.- Características fisiográficas de la cuenca Llanitos

2.2.- INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

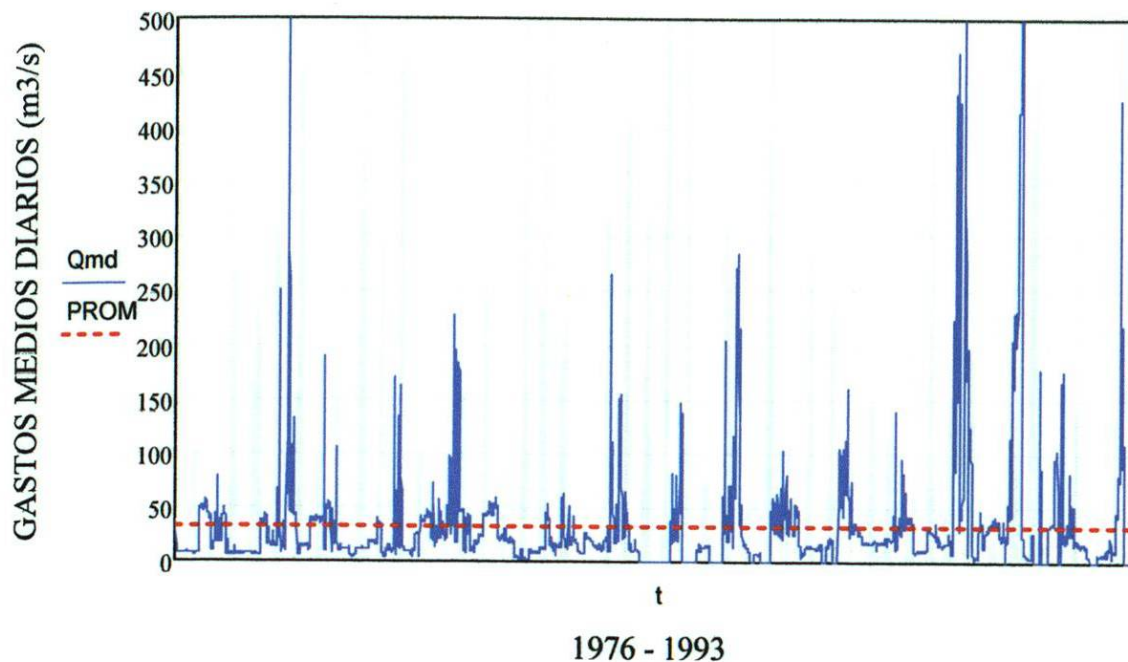
Para obtener la información hidrométrica, se acudió a la Comisión Nacional del Agua (CNA), y nos facilitó la información del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales, que elaboró en conjunto con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el cual contiene las estadísticas de los escurrimientos superficiales de todo el país.

Se obtuvieron los gastos medios diarios de las estaciones hidrométricas antes mencionadas de los últimos años, con el fin de obtener un valor promedio, el cual nos representará un límite entre déficit y superávit.

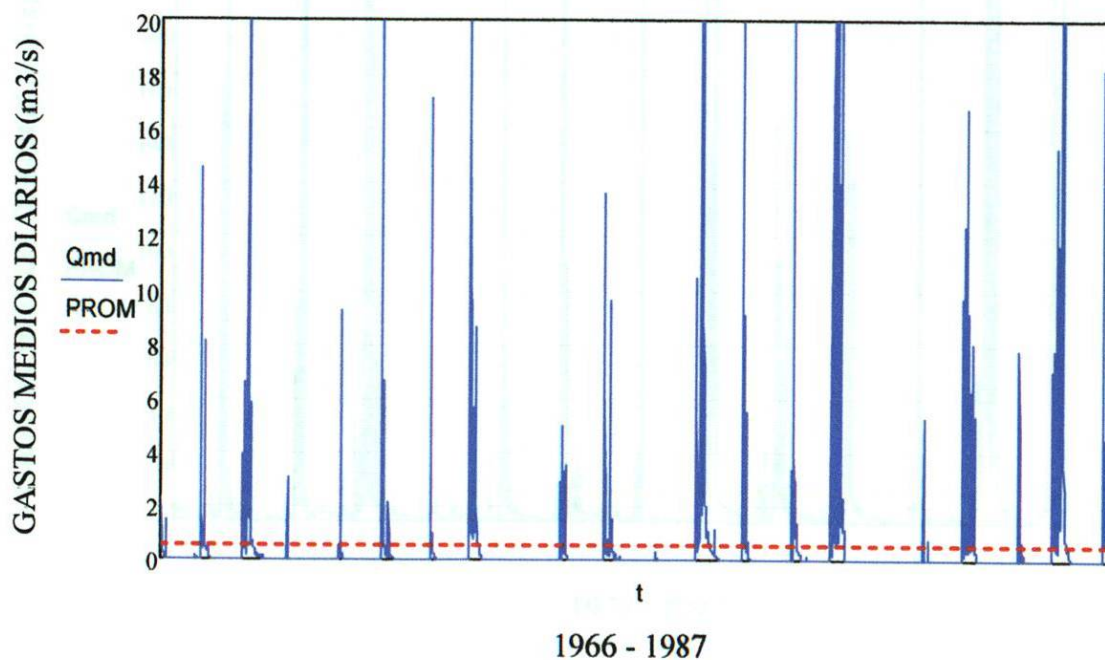


Gráficamente los datos obtenidos fueron los que se presentan a continuación:

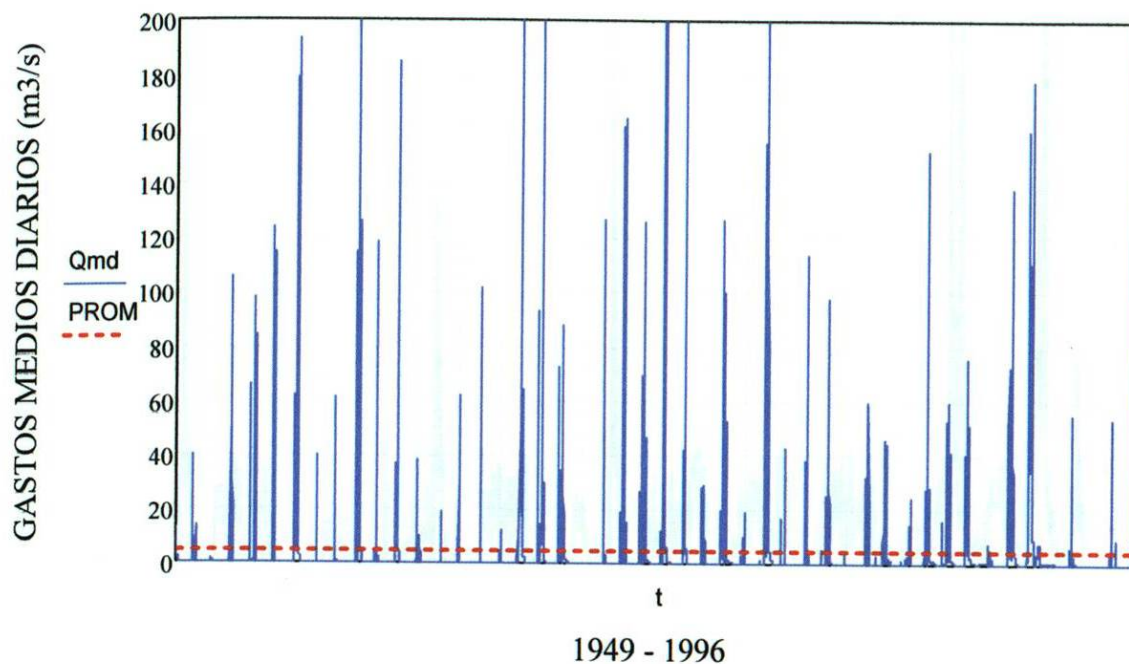
Estación: Peguis **Clave:** 24388
Corriente: Río Conchos **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Bravo **Estado:** Chihuahua



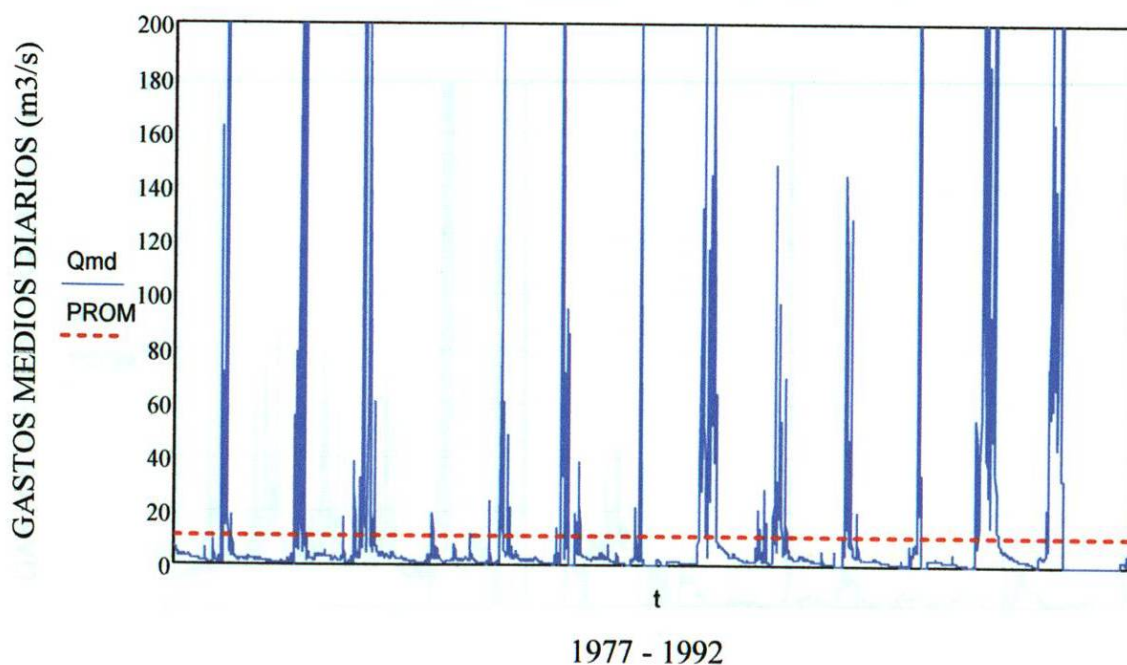
Estación: Parral **Clave:** 24388
Corriente: Salidas Presa **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Parral **Estado:** Chihuahua



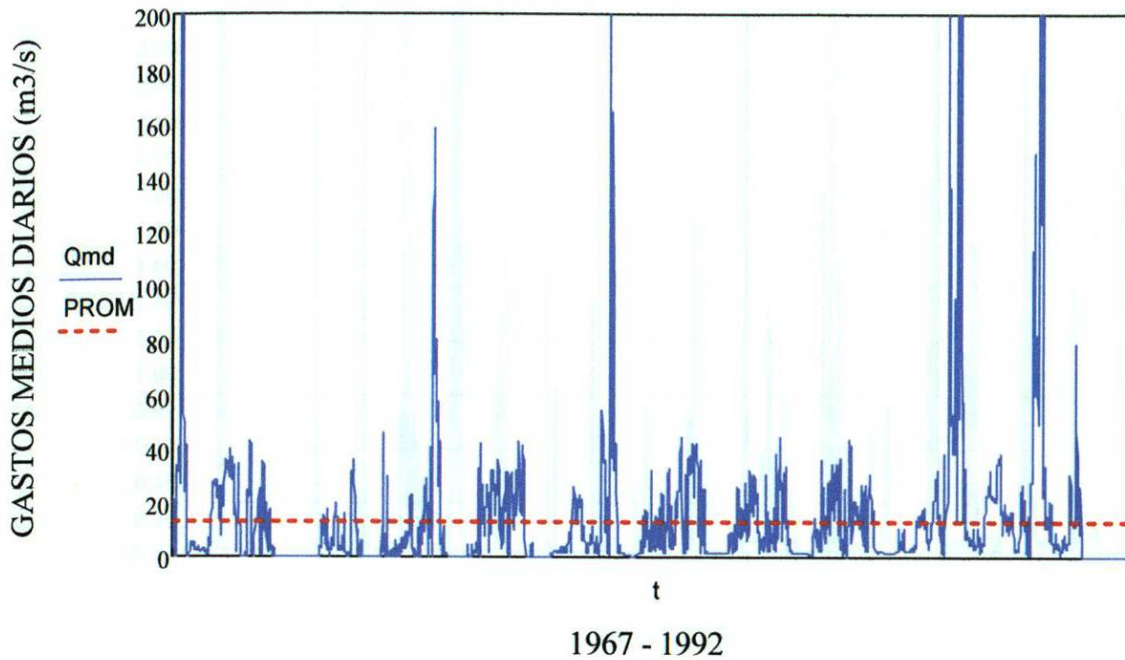
Estación: Jiménez **Clave:** 24225
Corriente: Río Florido **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Conchos **Estado:** Chihuahua



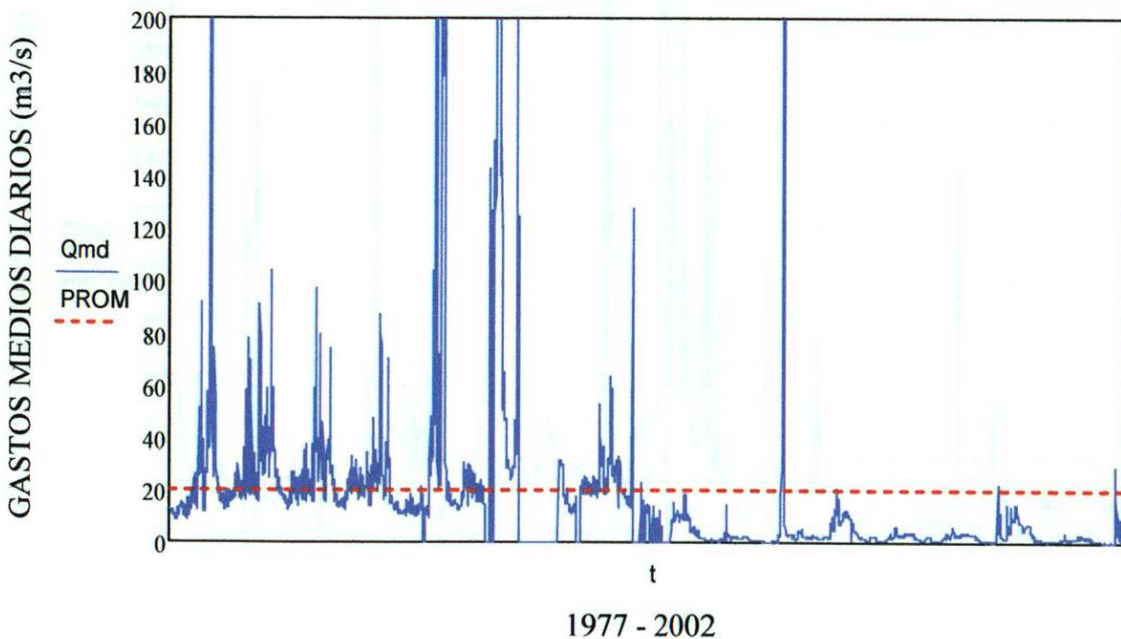
Estación: Villalba **Clave:** 24181
Corriente: Río San Pedro **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Conchos **Estado:** Chihuahua



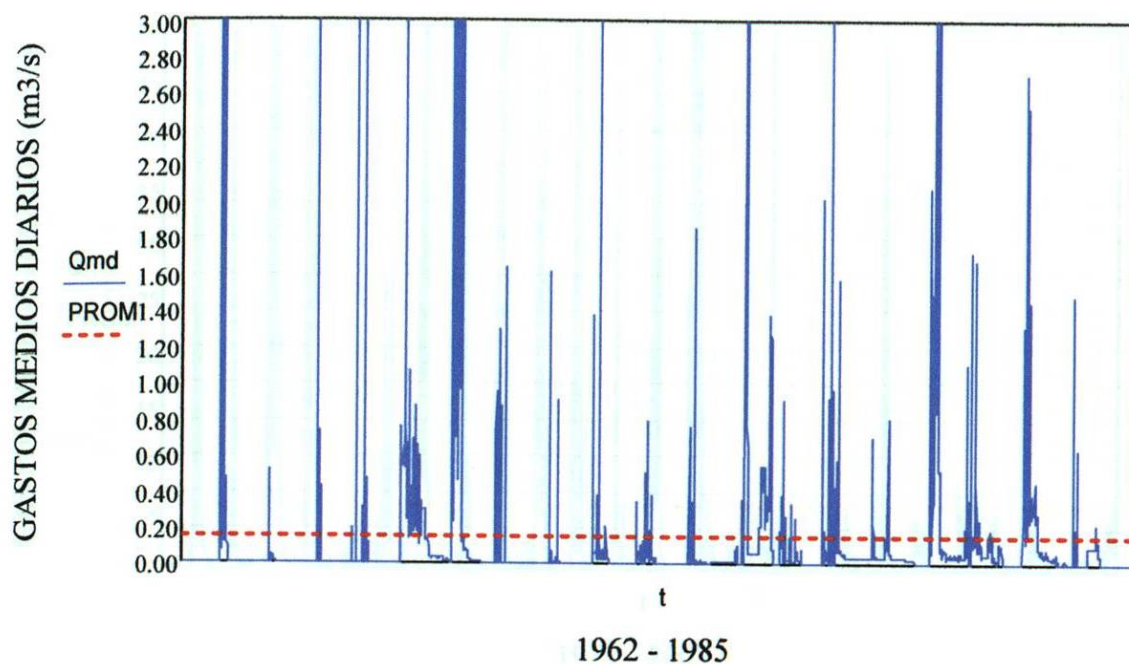
Estación: Fco. I. Madero **Clave:** 24218
Corriente: Río San Pedro **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río San Juan **Estado:** Chihuahua



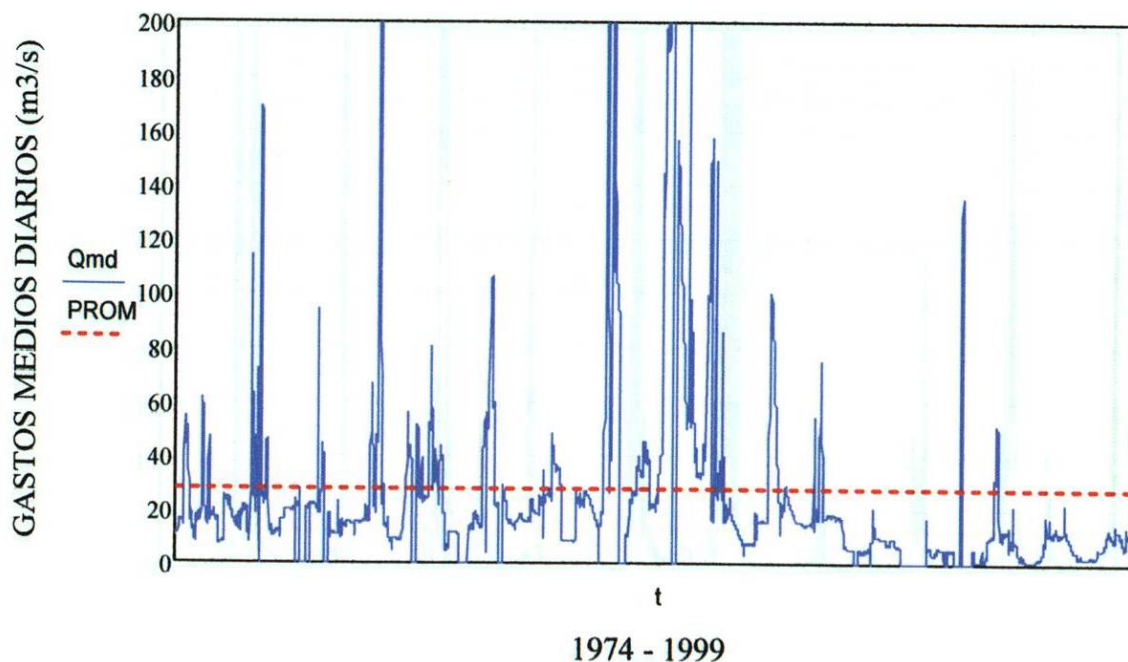
Estación: Las Burras **Clave:** 24226
Corriente: Río Conchos **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Bravo **Estado:** Chihuahua



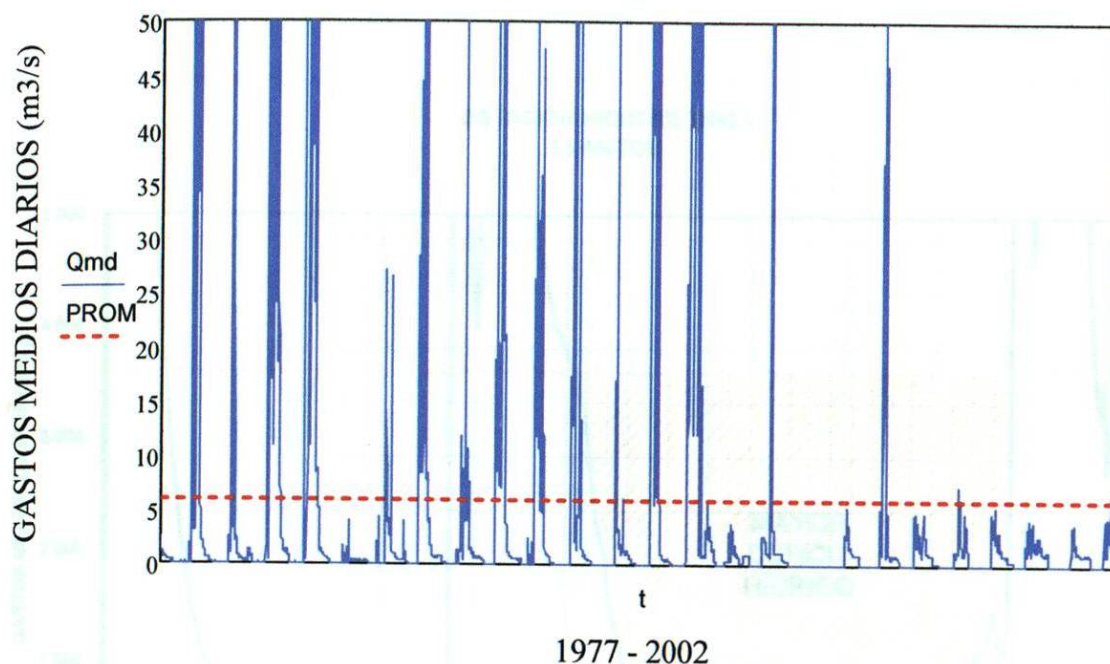
Estación: Chuviscar **Clave:** 24331
Corriente: Río Chuviscar **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Conchos **Estado:** Chihuahua



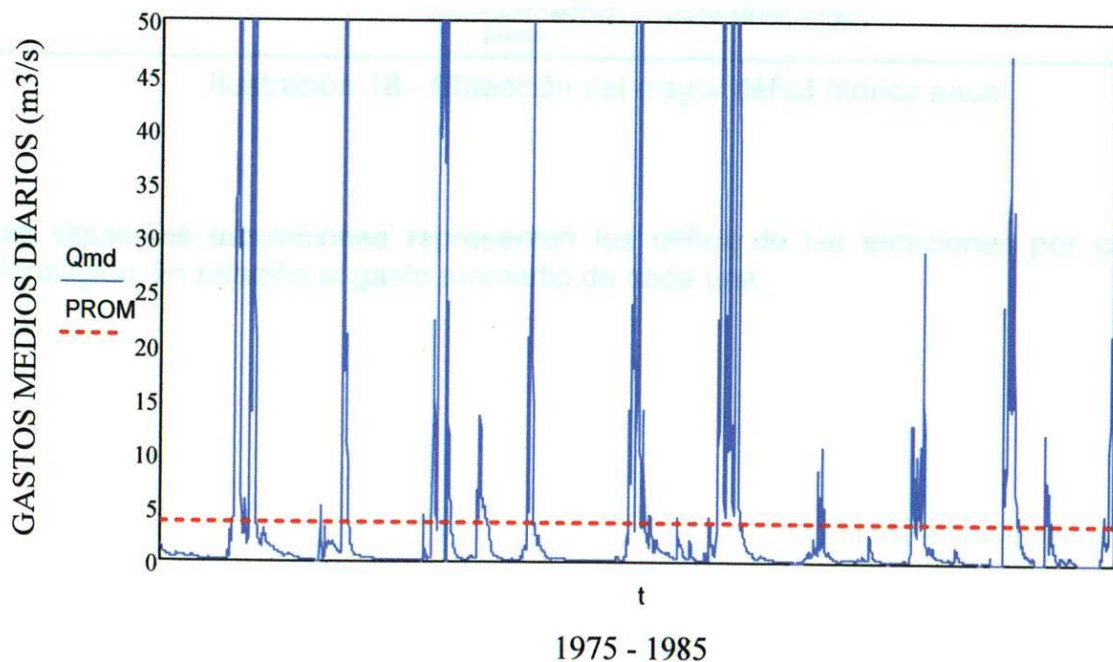
Estación: El Granero **Clave:** 24339
Corriente: Río Conchos **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Bravo **Estado:** Chihuahua



Estación: Puente FFCC **Clave:** 24280
Corriente: Río Florido **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Conchos **Estado:** Durango



Estación: Llanitos **Clave:** 24400
Corriente: Río Balleza **Región** 24 Bravo
Cuenca: Río Conchos **Estado:** Chihuahua



2.2.1.- DÉFICIT HÍDRICO ESTADÍSTICO

Una vez establecido el promedio se procedió a calcular el mayor déficit hídrico por cada año hidrológico, que están representados por el área bajo la curva de las gráficas anteriores, como se muestra en la siguiente figura:

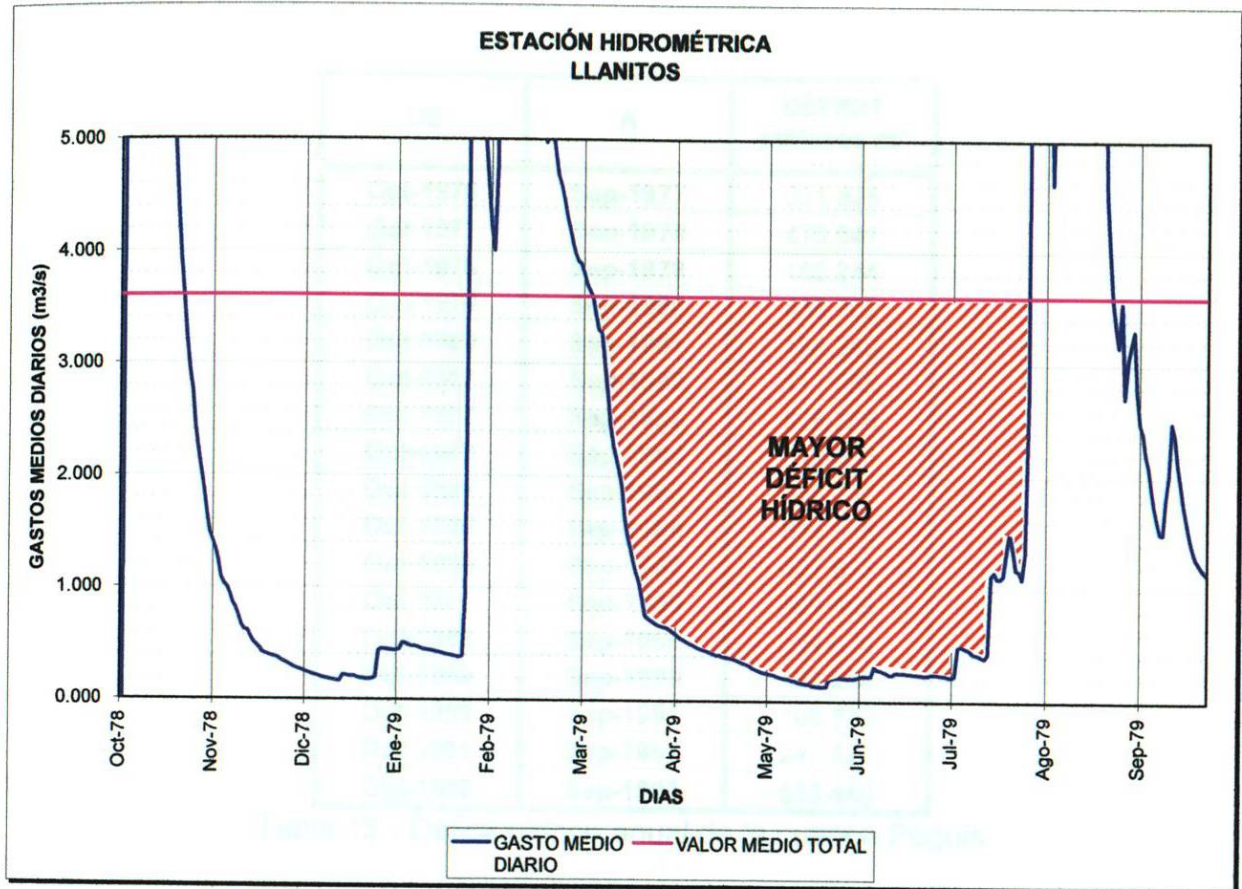


Ilustración 18.- Obtención del mayor déficit hídrico anual

Las siguientes tabulaciones representan los déficit de las estaciones por cada año hidrológico, en relación al gasto promedio de cada una.

Estación hidrológica: Peguis
Gasto promedio: 32.317 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1976	Sep-1977	331.828
Oct-1977	Sep-1978	470.541
Oct-1978	Sep-1979	158.244
Oct-1979	Sep-1980	438.702
Oct-1980	Sep-1981	194.249
Oct-1981	Sep-1982	111.965
Oct-1982	Sep-1983	526.388
Oct-1983	Sep-1984	319.886
Oct-1984	Sep-1985	688.747
Oct-1985	Sep-1986	634.516
Oct-1986	Sep-1987	427.873
Oct-1987	Sep-1988	469.403
Oct-1988	Sep-1989	254.674
Oct-1989	Sep-1990	170.006
Oct-1990	Sep-1991	109.330
Oct-1991	Sep-1992	247.820
Oct-1992	Sep-1993	533.440

Tabla 15.- Déficit hídrico anual de la cuenca Peguis

Estación hidrológica: Parral
Gasto promedio: 0.531 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1966	Sep-1967	12.945
Oct-1967	Sep-1968	12.426
Oct-1968	Sep-1969	11.299
Oct-1969	Sep-1970	19.252
Oct-1970	Sep-1971	13.870
Oct-1971	Sep-1972	14.887
Oct-1972	Sep-1973	13.305
Oct-1973	Sep-1974	15.576
Oct-1974	Sep-1975	13.777
Oct-1975	Sep-1976	12.842
Oct-1976	Sep-1977	16.524
Oct-1977	Sep-1978	13.906
Oct-1978	Sep-1979	9.813
Oct-1979	Sep-1980	15.561
Oct-1980	Sep-1981	11.643
Oct-1981	Sep-1982	14.467
Oct-1982	Sep-1983	14.640
Oct-1983	Sep-1984	11.764
Oct-1984	Sep-1985	15.746
Oct-1985	Sep-1986	11.187
Oct-1986	Sep-1987	12.250

Tabla 16.- Déficit hídrico anual de la cuenca Parral

Estación hidrológica: Jiménez
Gasto promedio: 4.257 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1949	Sep-1950	95.304
Oct-1950	Sep-1951	133.936
Oct-1951	Sep-1952	93.517
Oct-1952	Sep-1953	112.590
Oct-1953	Sep-1954	109.698
Oct-1954	Sep-1955	117.126
Oct-1955	Sep-1956	116.116
Oct-1956	Sep-1957	114.718
Oct-1957	Sep-1958	133.409
Oct-1958	Sep-1959	88.213
Oct-1959	Sep-1960	114.513
Oct-1960	Sep-1961	107.100
Oct-1961	Sep-1962	138.928
Oct-1962	Sep-1963	106.554
Oct-1963	Sep-1964	130.226
Oct-1964	Sep-1965	129.571
Oct-1965	Sep-1966	103.612
Oct-1966	Sep-1967	86.962
Oct-1967	Sep-1968	92.585
Oct-1968	Sep-1969	117.242
Oct-1969	Sep-1970	128.434
Oct-1970	Sep-1971	102.989
Oct-1971	Sep-1972	74.979
Oct-1972	Sep-1973	92.449

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1973	Sep-1974	109.461
Oct-1974	Sep-1975	100.363
Oct-1975	Sep-1976	104.257
Oct-1976	Sep-1977	94.310
Oct-1977	Sep-1978	116.525
Oct-1978	Sep-1979	65.586
Oct-1979	Sep-1980	130.750
Oct-1980	Sep-1981	90.125
Oct-1981	Sep-1982	114.123
Oct-1982	Sep-1983	114.534
Oct-1983	Sep-1984	93.061
Oct-1984	Sep-1985	133.886
Oct-1985	Sep-1986	90.093
Oct-1986	Sep-1987	63.645
Oct-1987	Sep-1988	87.648
Oct-1988	Sep-1989	101.297
Oct-1989	Sep-1990	111.292
Oct-1990	Sep-1991	73.167
Oct-1991	Sep-1992	75.679
Oct-1992	Sep-1993	103.648
Oct-1993	Sep-1994	131.718
Oct-1994	Sep-1995	108.560
Oct-1995	Sep-1996	113.546

Tabla 17.- Déficit hídrico anual de la cuenca Jiménez

Estación hidrológica: Villalba
Gasto promedio: 10.485 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1938	Sep-1939	190.730
Oct-1939	Sep-1940	210.865
Oct-1940	Sep-1941	190.953
Oct-1941	Sep-1942	194.772
Oct-1942	Sep-1943	168.074
Oct-1943	Sep-1944	222.589
Oct-1944	Sep-1945	208.203
Oct-1945	Sep-1946	123.666
Oct-1946	Sep-1947	181.046
Oct-1947	Sep-1948	223.534
Oct-1948	Sep-1949	195.737
Oct-1949	Sep-1950	198.952
Oct-1950	Sep-1951	237.061
Oct-1951	Sep-1952	232.762
Oct-1952	Sep-1953	237.021
Oct-1953	Sep-1954	134.391
Oct-1954	Sep-1955	210.911
Oct-1955	Sep-1956	225.967
Oct-1956	Sep-1957	257.496
Oct-1957	Sep-1958	213.699
Oct-1958	Sep-1959	106.059
Oct-1959	Sep-1960	225.883
Oct-1960	Sep-1961	161.552
Oct-1961	Sep-1962	229.967
Oct-1962	Sep-1963	187.321
Oct-1963	Sep-1964	156.469
Oct-1964	Sep-1965	210.598

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1965	Sep-1966	168.081
Oct-1966	Sep-1967	169.241
Oct-1967	Sep-1968	199.378
Oct-1968	Sep-1969	192.744
Oct-1969	Sep-1970	210.160
Oct-1970	Sep-1971	201.933
Oct-1971	Sep-1972	164.159
Oct-1972	Sep-1973	199.715
Oct-1973	Sep-1974	224.131
Oct-1974	Sep-1975	172.761
Oct-1975	Sep-1976	198.308
Oct-1976	Sep-1977	174.970
Oct-1977	Sep-1978	204.229
Oct-1978	Sep-1979	173.476
Oct-1979	Sep-1980	252.268
Oct-1980	Sep-1981	135.533
Oct-1981	Sep-1982	209.779
Oct-1982	Sep-1983	145.055
Oct-1983	Sep-1984	174.858
Oct-1984	Sep-1985	211.778
Oct-1985	Sep-1986	252.274
Oct-1986	Sep-1987	126.870
Oct-1987	Sep-1988	223.760
Oct-1988	Sep-1989	229.754
Oct-1989	Sep-1990	227.451
Oct-1990	Sep-1991	156.111
Oct-1991	Sep-1992	316.474

Tabla 18.- Déficit hídrico anual de la cuenca Villalba

Estación hidrológica: Francisco I. Madero

Gasto promedio: 13.218 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1967	Sep-1968	105.190
Oct-1968	Sep-1969	99.754
Oct-1969	Sep-1970	228.921
Oct-1970	Sep-1971	183.138
Oct-1971	Sep-1972	175.063
Oct-1972	Sep-1973	135.717
Oct-1973	Sep-1974	157.798
Oct-1974	Sep-1975	131.011
Oct-1975	Sep-1976	118.136
Oct-1976	Sep-1977	158.763
Oct-1977	Sep-1978	210.537
Oct-1978	Sep-1979	69.360
Oct-1979	Sep-1980	108.881
Oct-1980	Sep-1981	90.443
Oct-1981	Sep-1982	98.237
Oct-1982	Sep-1983	249.486
Oct-1983	Sep-1984	113.812
Oct-1984	Sep-1985	169.640
Oct-1985	Sep-1986	209.643
Oct-1986	Sep-1987	112.546
Oct-1987	Sep-1988	116.528
Oct-1988	Sep-1989	107.824
Oct-1989	Sep-1990	167.487
Oct-1990	Sep-1991	54.157
Oct-1991	Sep-1992	245.074

Tabla 19.- Déficit hídrico anual de la cuenca Francisco I. Madero

Estación hidrológica: Las Burras
Gasto promedio: 20.063 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1977	Sep-1978	139.289
Oct-1978	Sep-1979	64.765
Oct-1979	Sep-1980	59.933
Oct-1980	Sep-1981	40.605
Oct-1981	Sep-1982	16.869
Oct-1982	Sep-1983	63.339
Oct-1983	Sep-1984	56.846
Oct-1984	Sep-1985	55.166
Oct-1985	Sep-1986	131.970
Oct-1986	Sep-1987	17.095
Oct-1987	Sep-1988	23.280
Oct-1988	Sep-1989	34.940
Oct-1989	Sep-1990	122.902
Oct-1990	Sep-1991	46.936
Oct-1991	Sep-1992	439.442
Oct-1992	Sep-1993	84.361
Oct-1993	Sep-1994	281.090
Oct-1994	Sep-1995	484.250
Oct-1995	Sep-1996	553.147
Oct-1996	Sep-1997	486.702
Oct-1997	Sep-1998	555.473
Oct-1998	Sep-1999	565.027
Oct-1999	Sep-2000	411.134
Oct-2000	Sep-2001	523.742
Oct-2001	Sep-2002	468.330

Tabla 20.- Déficit hídrico anual de la cuenca Las Burras

Estación hidrológica: Chuvistar
Gasto promedio: 0.146 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1962	Sep-1963	3.856
Oct-1963	Sep-1964	4.113
Oct-1964	Sep-1965	4.567
Oct-1965	Sep-1966	2.979
Oct-1966	Sep-1967	3.106
Oct-1967	Sep-1968	1.865
Oct-1968	Sep-1969	2.750
Oct-1969	Sep-1970	4.138
Oct-1970	Sep-1971	3.391
Oct-1971	Sep-1972	2.875
Oct-1972	Sep-1973	3.721
Oct-1973	Sep-1974	4.270
Oct-1974	Sep-1975	0.708
Oct-1975	Sep-1976	2.435
Oct-1976	Sep-1977	2.379
Oct-1977	Sep-1978	3.519
Oct-1978	Sep-1979	1.654
Oct-1979	Sep-1980	2.635
Oct-1980	Sep-1981	2.809
Oct-1981	Sep-1982	2.450
Oct-1982	Sep-1983	4.614
Oct-1983	Sep-1984	4.614
Oct-1984	Sep-1985	4.614

Tabla 21.- Déficit hídrico anual de la cuenca Chuvistar

Tabla 22.- Déficit hídrico anual de la cuenca El Grano

Estación hidrológica: El Granero

Gasto promedio: 27.104 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1974	Sep-1975	118.855
Oct-1975	Sep-1976	364.895
Oct-1976	Sep-1977	262.901
Oct-1977	Sep-1978	353.795
Oct-1978	Sep-1979	107.970
Oct-1979	Sep-1980	324.819
Oct-1980	Sep-1981	128.614
Oct-1981	Sep-1982	63.393
Oct-1982	Sep-1983	352.899
Oct-1983	Sep-1984	253.088
Oct-1984	Sep-1985	178.826
Oct-1985	Sep-1986	365.459
Oct-1986	Sep-1987	178.121
Oct-1987	Sep-1988	386.695
Oct-1988	Sep-1989	195.461
Oct-1989	Sep-1990	139.777
Oct-1990	Sep-1991	123.573
Oct-1991	Sep-1992	56.567
Oct-1992	Sep-1993	338.241
Oct-1993	Sep-1994	157.065
Oct-1994	Sep-1995	774.992
Oct-1995	Sep-1996	784.591
Oct-1996	Sep-1997	420.087
Oct-1997	Sep-1998	835.294
Oct-1998	Sep-1999	649.012

Tabla 22.- Déficit hídrico anual de la cuenca El Granero

Estación hidrológica: Puente FFCC
Gasto promedio: 5.947 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1977	Sep-1978	148.085
Oct-1978	Sep-1979	132.821
Oct-1979	Sep-1980	138.242
Oct-1980	Sep-1981	100.666
Oct-1981	Sep-1982	146.540
Oct-1982	Sep-1983	158.505
Oct-1983	Sep-1984	117.554
Oct-1984	Sep-1985	143.747
Oct-1985	Sep-1986	112.389
Oct-1986	Sep-1987	127.938
Oct-1987	Sep-1988	126.148
Oct-1988	Sep-1989	160.153
Oct-1989	Sep-1990	124.890
Oct-1990	Sep-1991	130.240
Oct-1991	Sep-1992	104.297
Oct-1992	Sep-1993	153.073
Oct-1993	Sep-1994	173.272
Oct-1994	Sep-1995	178.116
Oct-1995	Sep-1996	146.842
Oct-1996	Sep-1997	155.322
Oct-1997	Sep-1998	150.159
Oct-1998	Sep-1999	164.231
Oct-1999	Sep-2000	160.784
Oct-2000	Sep-2001	166.960
Oct-2001	Sep-2002	141.013

Tabla 23.- Déficit hídrico anual de la cuenca Puente FFCC

Estación hidrológica: Llanitos
Gasto promedio: 3.603 m³/s

DE	A	DÉFICIT millones m ³
Oct-1975	Sep-1976	74.977
Oct-1976	Sep-1977	59.553
Oct-1977	Sep-1978	78.977
Oct-1978	Sep-1979	37.556
Oct-1979	Sep-1980	98.523
Oct-1980	Sep-1981	29.760
Oct-1981	Sep-1982	77.694
Oct-1982	Sep-1983	91.107
Oct-1983	Sep-1984	79.804
Oct-1984	Sep-1985	54.564

Tabla 24.- Déficit hídrico anual de la cuenca Llanitos

- Distribución General
- Distribución Log Pearson III

2.3.- PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA EN HIDROLOGÍA

El diseño y la planeación de estrategias de prevención en materia de obras hidráulicas están siempre relacionados con eventos hidrológicos futuros, como en este caso las avenidas mínimas para una posible estimación de las sequías.

La complejidad de los procesos físicos que tienen lugar en la generación de este fenómeno hace, en la mayoría de los casos, imposible una estimación confiable del mismo por métodos basados en las leyes de la mecánica o la física.

Por ello, y como sucede en la mayoría de las ciencias, con frecuencia el estadístico es el camino a la solución de problemas.

La ley de probabilidades que describe el comportamiento estadístico de una variable aleatoria, como en el caso de los escurrimientos, se pueden representar de varias maneras, en las que cabe mencionar las funciones de distribución de probabilidad.

El uso de estas funciones de distribución en hidrología es principalmente para estimar la magnitud de eventos extremos asociados con periodos de retorno, con base en la información disponible de las estaciones climatológicas e hidrométricas.

Una vez que se asigna un periodo de retorno al análisis, es necesario hacer extrapolaciones a partir de los datos registrados, pues rara vez este periodo es menor al periodo de datos, el problema radica en cómo extender esta tendencia hasta el periodo de retorno deseado.

En la estadística existen distintas funciones de distribución de probabilidad teóricas que pueden ajustarse a los datos medidos, y de esta manera usarlas para la extrapolación.

Entre las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología, tenemos las siguientes:

- Distribución Gumbel
- Distribución Log Pearson III

2.3.1.- DISTRIBUCIÓN GUMBEL

Supóngase que se tienen N muestras, cada una de las cuales contienen n eventos. Si se selecciona el máximo x de los n eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que n aumenta, la función de distribución de probabilidad tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es entonces:

$$f(x) = \alpha \cdot e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

donde α y β son los parámetros de la función.

Los parámetros α y β , para muestras muy grandes se estiman de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45 \cdot S$$

Y en lo que se refiere a muestras relativamente pequeñas se estima como:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Siendo S la desviación estándar de la muestra, y los parámetros μ_y y σ_y se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 26 - Valores de la desviación típica reducida (σ_y)
dependiendo del tamaño (n) de la muestra

A continuación se presentan los resultados de los cálculos de esta función de distribución para cada una de las estaciones hidrométricas en estudio.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5230	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Tabla 25.- Valores de la media reducida (μ_y)
dependiendo del tamaño (n) de la muestra

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.2260	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.3880
40	1.1413	1.1430	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Tabla 26.- Valores de la desviación típica reducida (σ_y)
dependiendo del tamaño (n) de la muestra

A continuación se presentan los resultados de los cálculos de esta función de distribución para cada una de las estaciones hidrométricas en estudio.

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Peguis

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	17
Media aritmética	\bar{x}	358.09
Desviación estándar	S	182.15
Media reducida	μ_y	0.5181
Desviación típica reducida	σ_y	1.0411

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	174.96
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	358.09

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	422.22
5	620.52
10	751.81
20	877.75
50	1040.76
100	1162.92

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Parral

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	21
Media aritmética	\bar{x}	13.70
Desviación estándar	S	2.16
Media reducida	μ_y	0.5252
Desviación típica reducida	σ_y	1.0696

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	2.02
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	13.44

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	14.18
5	16.47
10	17.98
20	19.44
50	21.32
100	22.73

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Jiménez

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	47
Media aritmética	\bar{x}	105.70
Desviación estándar	S	18.73
Media reducida	μ_y	0.5473
Desviación típica reducida	σ_y	1.1557

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	16.21
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	105.67

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	111.61
5	129.98
10	142.15
20	153.82
50	168.92
100	180.24

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Villalba

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	54
Media aritmética	\bar{x}	197.25
Desviación estándar	S	38.20
Media reducida	μ_y	0.5501
Desviación típica reducida	σ_y	1.1667

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	32.74
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	197.23

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	209.23
5	246.35
10	270.92
20	294.49
50	324.99
100	347.85

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Francisco I. Madero

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	\bar{x}	144.69
Desviación estándar	S	53.84
Media reducida	μ_y	0.5309
Desviación típica reducida	σ_y	1.0915

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	49.33
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	144.68

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	162.75
5	218.66
10	255.68
20	291.18
50	337.14
100	371.58

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Las Burras

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	\bar{x}	229.07
Desviación estándar	S	215.20
Media reducida	μ_y	0.5309
Desviación típica reducida	σ_y	1.0915

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	197.16
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	229.06

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	301.32
5	524.79
10	672.75
20	814.67
50	998.37
100	1136.03

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Chuviscar

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	23
Media aritmética	\bar{x}	3.22
Desviación estándar	S	1.06
Media reducida	μ_y	0.5283
Desviación típica reducida	σ_y	1.0811

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	0.98
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	2.68

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	3.04
5	4.15
10	4.88
20	5.58
50	6.50
100	7.18

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica El Granero

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	\bar{x}	316.60
Desviación estándar	S	226.91
Media reducida	μ_y	0.5309
Desviación típica reducida	σ_y	1.0915

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	207.89
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	316.60

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	392.79
5	628.41
10	784.42
20	934.06
50	1127.75
100	1272.90

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Puente FFCC

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	\bar{x}	142.48
Desviación estándar	S	20.80
Media reducida	μ_y	0.5309
Desviación típica reducida	σ_y	1.0915

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	19.06
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	142.45

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	149.44
5	171.03
10	185.34
20	199.05
50	216.81
100	230.11

Función de distribución de probabilidad Gumbel

Estación hidrométrica Llanitos

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	10
Media aritmética	\bar{x}	68.25
Desviación estándar	S	22.38
Media reducida	μ_y	0.4952
Desviación típica reducida	σ_y	0.9496

Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
α	$\frac{\sigma_y}{S}$	23.57
β	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	68.23

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	76.87
5	103.58
10	121.27
20	138.24
50	160.20
100	176.65

2.3.2.- DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON III

La función de densidad de probabilidad Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \cdot \Gamma \cdot \beta_1} \cdot \left(\frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1 - 1} \cdot e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

donde α_1 , β_1 y δ_1 son los parámetros de la función y $\Gamma(\beta_1)$ es la función Gamma, y se evalúan, a partir de n datos medidos, mediante el siguientes sistema de ecuaciones:

$$\bar{x} = \alpha_1 \cdot \beta_1 + \delta_1$$

$$S^2 = \alpha_1^2 \cdot \beta_1$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

donde:

\bar{x} = Es la media de los datos

S^2 = La variancia de los datos

γ = Coeficiente de sesgo

El coeficiente de sesgo (γ) se define como:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^3}{S^3}}{n}$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \cdot \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x - \delta_1}{\delta_1}\right)} \cdot \left(\frac{x - \delta_1}{\delta_1} \right)^{\beta_1 - 1} dx$$

sustituyendo:

$$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1}$$

se obtiene:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^y y^{\beta_1-1} \cdot e^{-y} \cdot dy$$

En la siguiente tabla se muestra la función de distribución x^2 ; esta manera de usar la distribución Pearson III es estrictamente válida cuando:

$$\beta_1 = \frac{h}{2}$$

donde h es un entero positivo cualquiera.

Función Gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^x t^{x-1} \cdot e^{-t} \cdot dt$$

para $1 \leq x \leq 2$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.00	1.00000	0.99433	0.98884	0.98355	0.97844	0.97350	0.96874	0.96415	0.95973	0.95546
1.10	0.95135	0.94740	0.94359	0.93993	0.93642	0.93304	0.92980	0.92670	0.92373	0.92089
1.20	0.91817	0.91558	0.91311	0.91075	0.90852	0.90640	0.90440	0.90250	0.90072	0.89904
1.30	0.89747	0.89600	0.89464	0.89338	0.89222	0.89115	0.89018	0.88931	0.88854	0.88785
1.40	0.88726	0.88676	0.88636	0.88604	0.88581	0.88566	0.88560	0.88563	0.88575	0.88595
1.50	0.88623	0.88659	0.88704	0.88757	0.88818	0.88887	0.88964	0.89049	0.89142	0.89243
1.60	0.89352	0.89468	0.89592	0.89724	0.89864	0.90012	0.90167	0.90330	0.90500	0.90678
1.70	0.90864	0.91057	0.91258	0.91467	0.91683	0.91906	0.92137	0.92376	0.92623	0.92877
1.80	0.93138	0.93408	0.93685	0.93969	0.94261	0.94561	0.94869	0.95184	0.95507	0.95838
1.90	0.96177	0.96523	0.96877	0.97240	0.97610	0.97988	0.98374	0.98768	0.99171	0.99581
2.00	1.00000									

Tabla 27.- Valores del factor Gamma

Para poder obtener valores adicionales empléese la siguiente fórmula:

$$\Gamma(x+1) = x\Gamma(x)$$

Si como es común, 2β no es entero, puede tomarse como el entero más próximo o bien interpolar.

Cuando $\beta \leq 0.3$ será necesario acudir a las tablas de la función de distribución Gamma de un parámetro.

Por otra parte, es también común que los valores calculados de d con el sistema de ecuaciones resulten absurdos (muy grandes o negativos); en estos casos utilizan logaritmos de la variable aleatoria y suponiendo que éstos se comportan según dicha función. A esta manera de usarla se le denomina "función de distribución de probabilidad Log-Pearson III".

Al utilizarse la función de distribución Log Pearson III, se obtienen los logaritmos base diez de cada uno de los valores de gasto con que se cuentan.

$$\log X_i$$

Posteriormente, se trabaja en base a esos datos, para obtenerse así el promedio de los logaritmos de los gastos, mediante la siguiente fórmula:

$$\overline{\log X_i} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

así como la desviación estándar:

$$\sigma(\log X_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X_i})^2}{n-1}}$$

y el coeficiente de asimetría:

$$C_s = n \cdot \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X_i})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot [\sigma(\log X_i)]^3} \right]$$

Para el cálculo del gasto asociado con un periodo de retorno se tiene la siguiente fórmula:

$$\log X_{Tr} = \overline{\log X_i} + k \cdot \sigma(\log X_i)$$

Donde los valores del factor de frecuencia k se obtiene con relación al coeficiente de asimetría c_s mediante las siguientes tablas:

COEFICIENTE DE ASIMETRÍA	PERIODO DE RETORNO					
	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.133	4.012
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.7	-0.376	0.480	1.224	2.271	3.093	3.931
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.047	3.845
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.3	-0.341	0.556	1.273	2.248	2.997	3.753
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.1	-0.319	0.592	1.293	2.230	2.941	3.655
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.9	-0.295	0.626	1.310	2.206	2.880	3.552
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.7	-0.268	0.659	1.324	2.178	2.814	3.444
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.210
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.1	-0.180	0.745	1.340	2.065	2.584	3.086
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.9	-0.148	0.769	1.338	2.018	2.498	2.957
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.7	-0.116	0.790	1.332	1.966	2.406	2.823
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.310	2.685
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.3	-0.050	0.823	1.309	1.849	2.210	2.544
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.399
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326

Tabla 28.- Valores del Factor de frecuencia I

A continuación se muestran los resultados de los cálculos de la función de distribución de probabilidad log Pearson III para cada una de las estaciones analizadas.

COEFICIENTE DE ASIMETRIA	PERIODO DE RETORNO					
	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.807
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.661
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.436	1.519
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.325	1.384
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.218	1.258
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.076	1.118	1.142
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-1.9	0.295	0.788	0.920	0.997	1.025	1.039
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.1	0.319	0.765	0.870	0.924	0.940	0.948
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.3	0.341	0.739	0.820	0.856	0.865	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.794	0.799	0.801
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.725	0.738	0.741	0.742
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.689	0.690	0.691
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

Tabla 29.- Valores del Factor de frecuencia II

A continuación se muestran los resultados de los cálculos de la función de distribución de probabilidad log Pearson III para cada una de las estaciones analizadas:

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Peguis

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	17
Media aritmética	$\log X_i$	2.491
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.256
Coefficiente de asimetría	c_s	-0.5

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.083
5 años	0.856
10 años	1.216
20 años	1.567
50 años	1.777
100 años	1.955

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	324.88
5	512.10
10	632.99
20	778.28
50	880.70
100	978.00

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Parral

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	21
Media aritmética	$\log X_i$	1.132
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.068
Coefficiente de asimetría	c_s	0.1

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	-0.017
5 años	0.836
10 años	1.292
20 años	1.785
50 años	2.107
100 años	2.399

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	13.51
5	15.42
10	16.56
20	17.88
50	18.79
100	19.67

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Jiménez

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	47
Media aritmética	$\log X_i$	2.017
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.082
Coefficiente de asimetría	C_s	-0.7

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.116
5 años	0.857
10 años	1.183
20 años	1.488
50 años	1.663
100 años	1.807

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	106.26
5	122.16
10	129.88
20	137.55
50	142.16
100	146.06

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Villalba

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	54
Media aritmética	$\log X_i$	2.287
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.089
Coefficiente de asimetría	c_s	-0.7

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.116
5 años	0.857
10 años	1.183
20 años	1.488
50 años	1.663
100 años	1.807

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	198.06
5	230.39
10	246.24
20	262.05
50	271.58
100	279.67

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Francisco I. Madero

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.130
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.168
Coefficiente de asimetría	C_s	-0.3

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.050
5 años	0.853
10 años	1.245
20 años	1.643
50 años	1.890
100 años	2.104

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	137.66
5	187.91
10	218.74
20	255.23
50	280.87
100	305.16

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Las Burras

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.101
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.527
Coefficiente de asimetría	c_s	-0.1

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.017
5 años	0.846
10 años	1.270
20 años	1.716
50 años	2.000
100 años	2.252

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	128.81
5	352.45
10	589.76
20	1013.58
50	1430.92
100	1943.11

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Chuviscar

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	23
Media aritmética	$\log X_i$	0.477
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.186
Coefficiente de asimetría	c_s	-1.8

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.282
5 años	0.799
10 años	0.945
20 años	1.035
50 años	1.069
100 años	1.087

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	3.38
5	4.23
10	4.50
20	4.68
50	4.74
100	4.78

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica El Granero

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.393
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.322
Coefficiente de asimetría	c_s	-0.2

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.033
5 años	0.850
10 años	1.258
20 años	1.680
50 años	1.945
100 años	2.178

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	253.04
5	464.10
10	628.28
20	859.43
50	1046.29
100	1243.87

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Puente FFCC

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.149
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.066
Coefficiente de asimetría	c_s	-0.6

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.099
5 años	0.857
10 años	1.200
20 años	1.528
50 años	1.720
100 años	1.880

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	143.09
5	160.62
10	169.24
20	177.92
50	183.20
100	187.73

Función de distribución de probabilidad log Pearson III

Estación hidrométrica Llanitos

Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	n	10
Media aritmética	$\log X_i$	1.808
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.169
Coficiente de asimetría	C_s	-1.1

Valores del factor de frecuencia k

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.180
5 años	0.848
10 años	1.107
20 años	1.324
50 años	1.436
100 años	1.519

Valores extremos

Periodo de retorno T_r años	Déficit máximo millones m^3
2	68.91
5	89.40
10	98.90
20	107.63
50	112.43
100	116.13

2.3.3.- COMPARATIVA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FUNCIONES

Comparativa de resultados de los cálculos de las funciones de distribución de probabilidad Gumbel y Log Pearson III para cada estación hidrométrica, en millones de metros cúbicos.

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PEGUIS

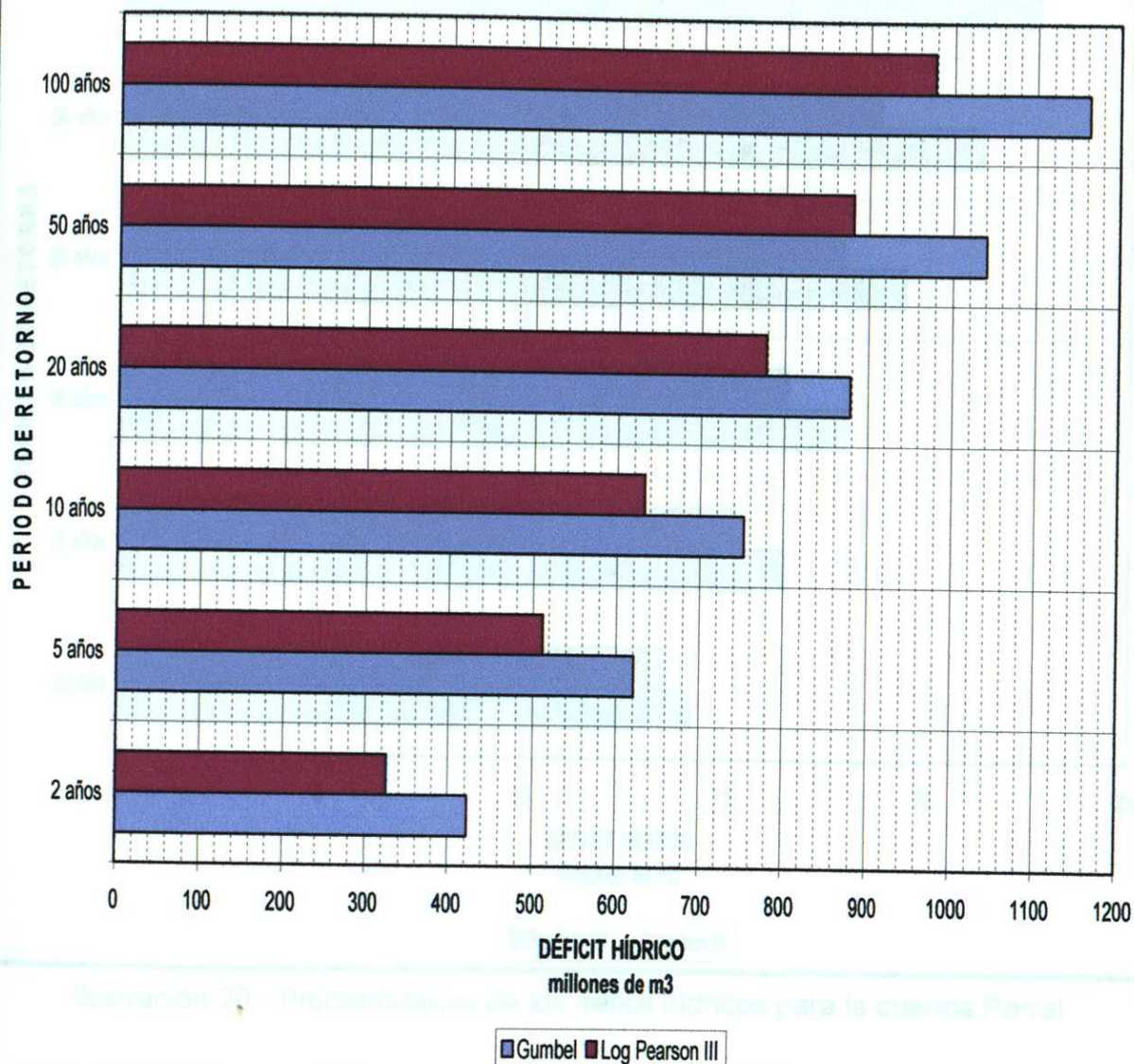


Ilustración 19.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Peguis

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARRAL

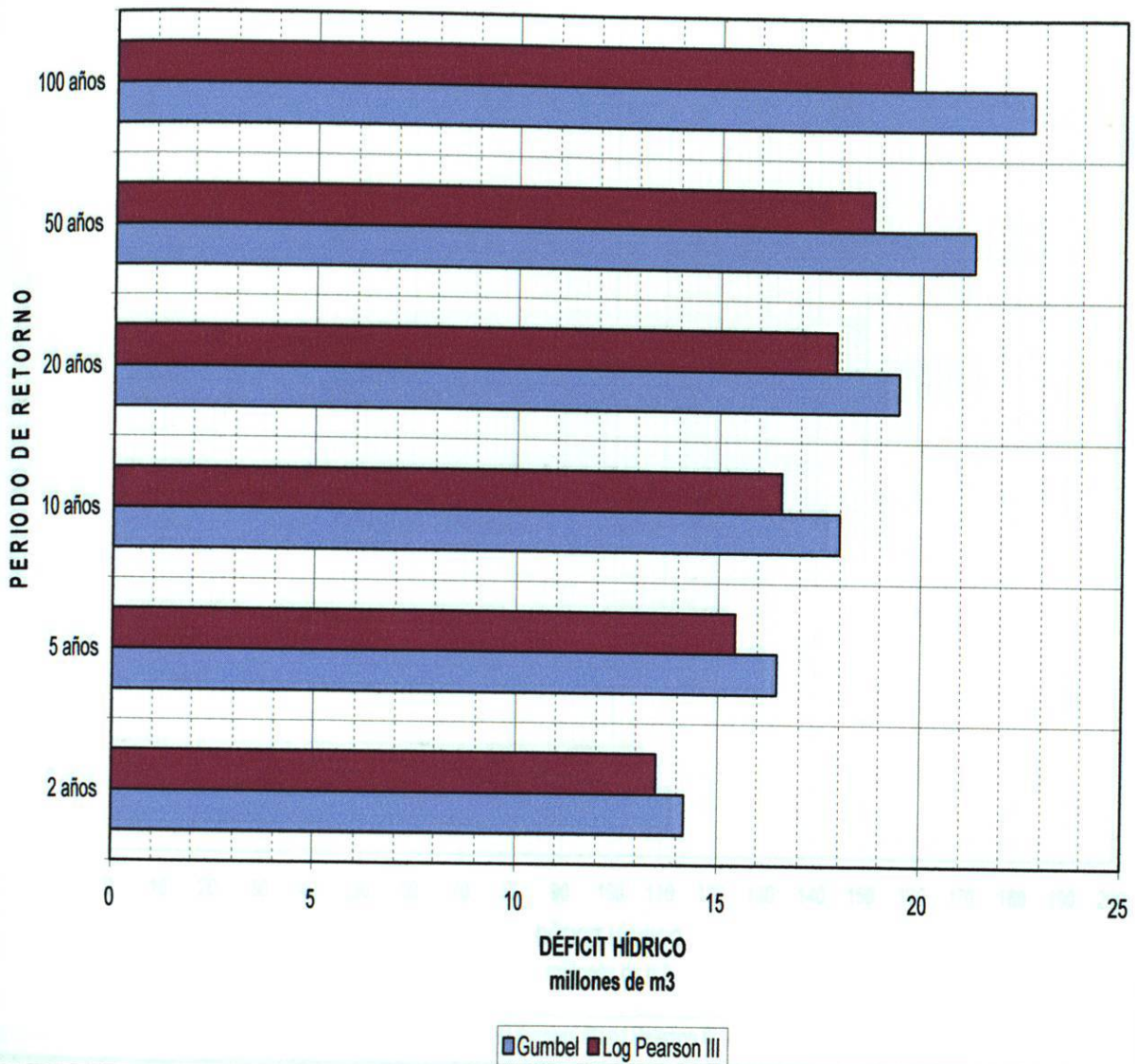


Ilustración 20.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Parral

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD JIMÉNEZ

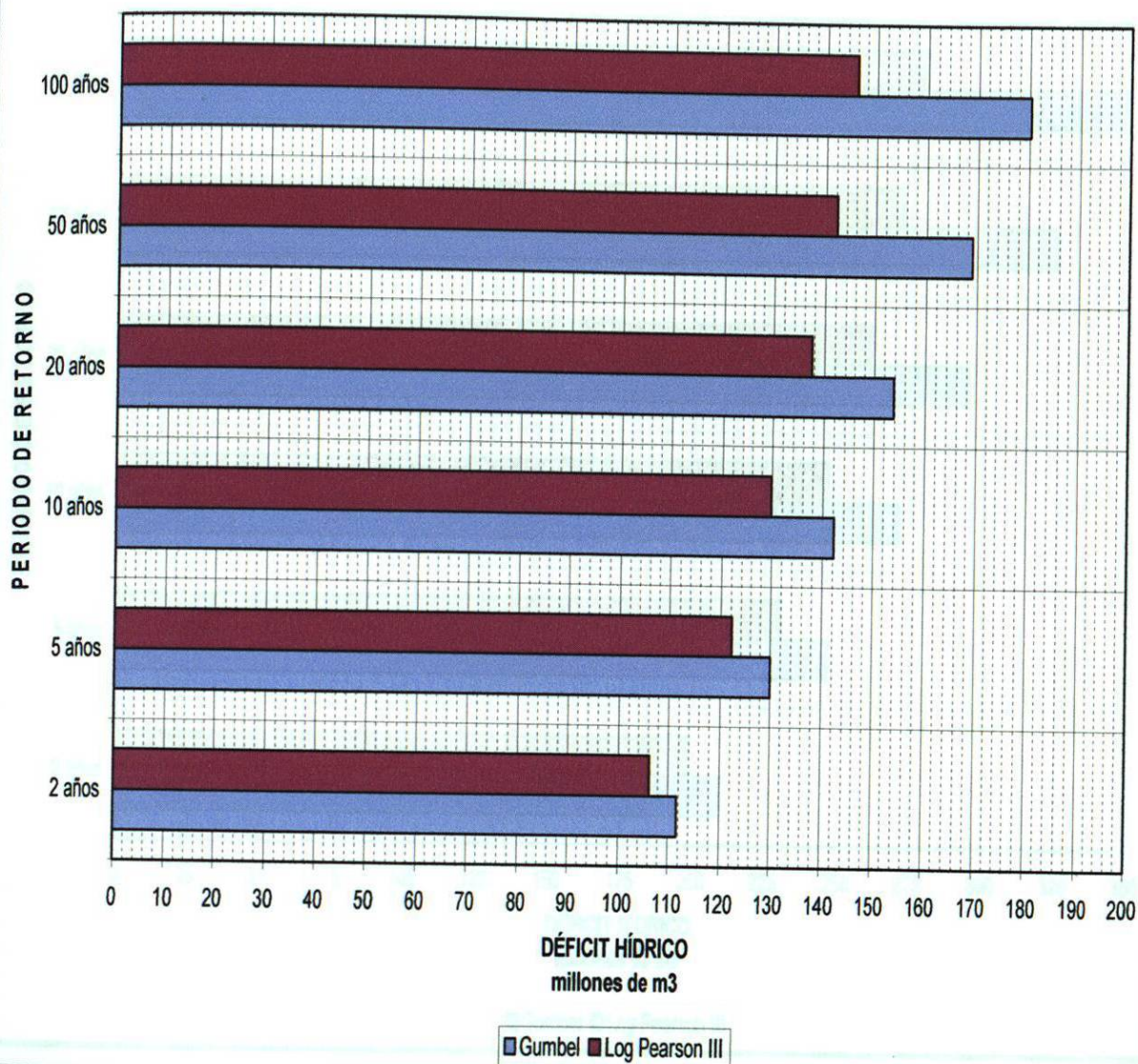


Ilustración 21.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Jiménez

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD **VILLALBA**

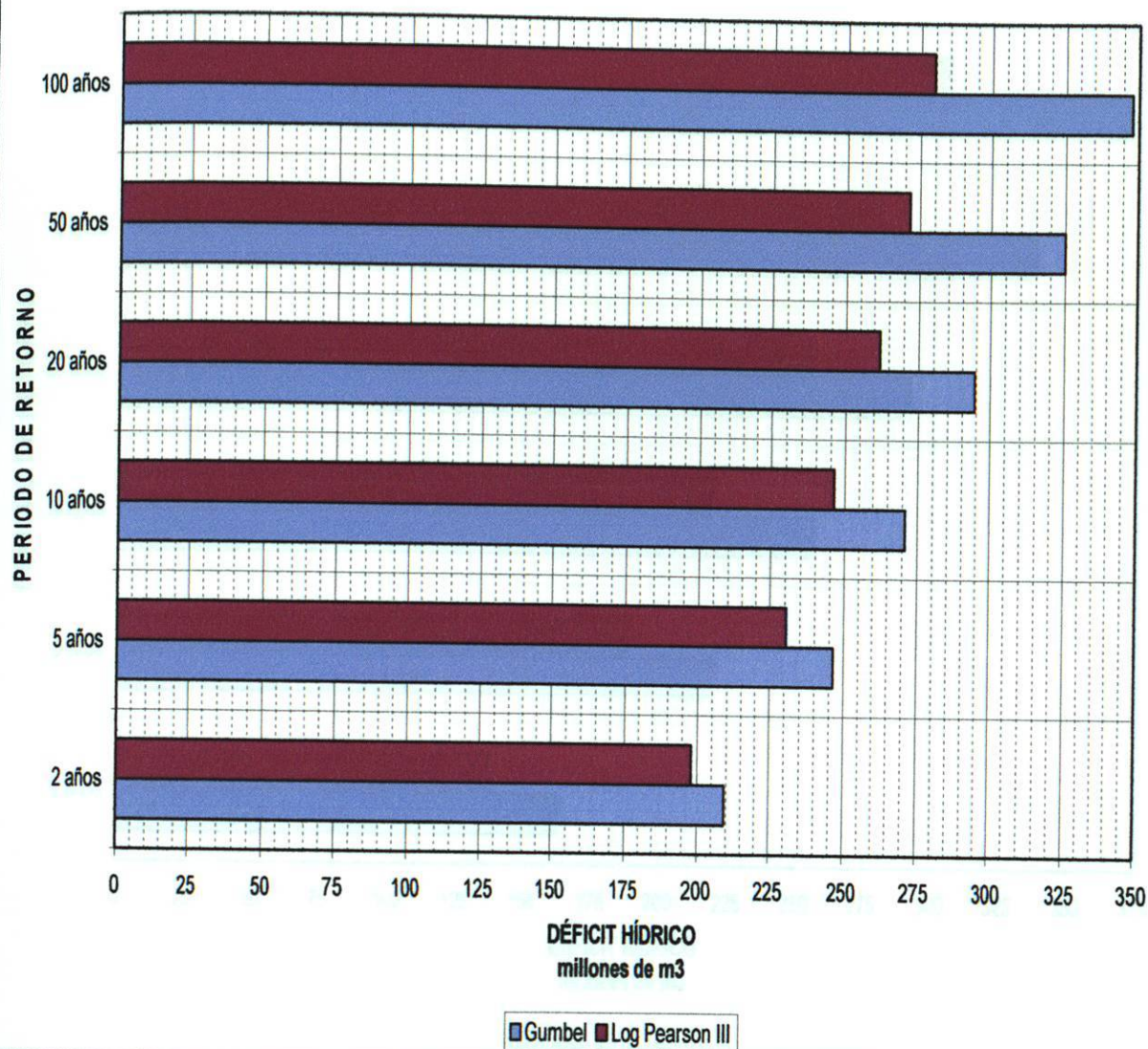


Ilustración 22.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Villalba

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD FRANCISCO I. MADERO

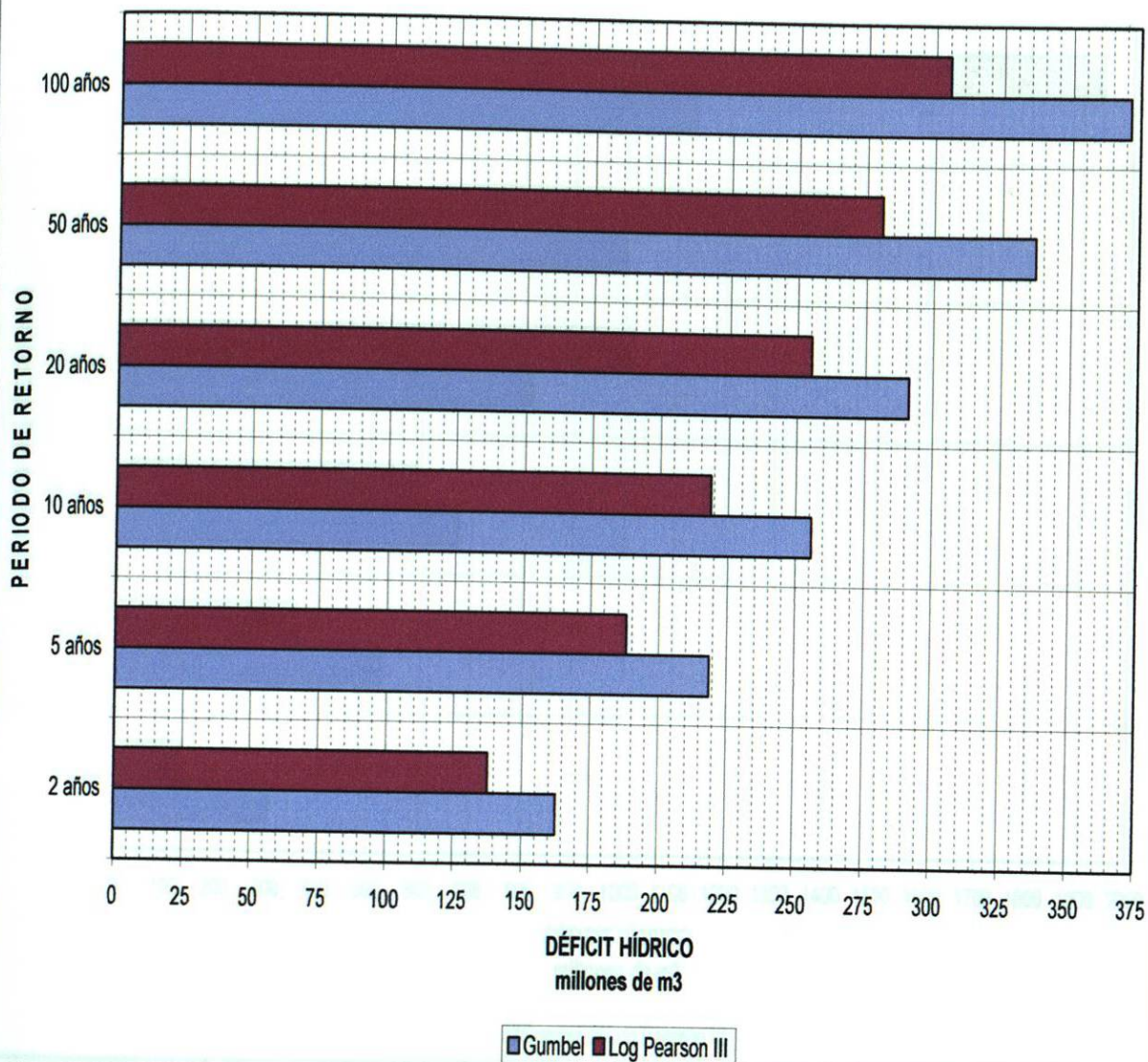


Ilustración 23.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Francisco I. Madero

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LAS BURRAS

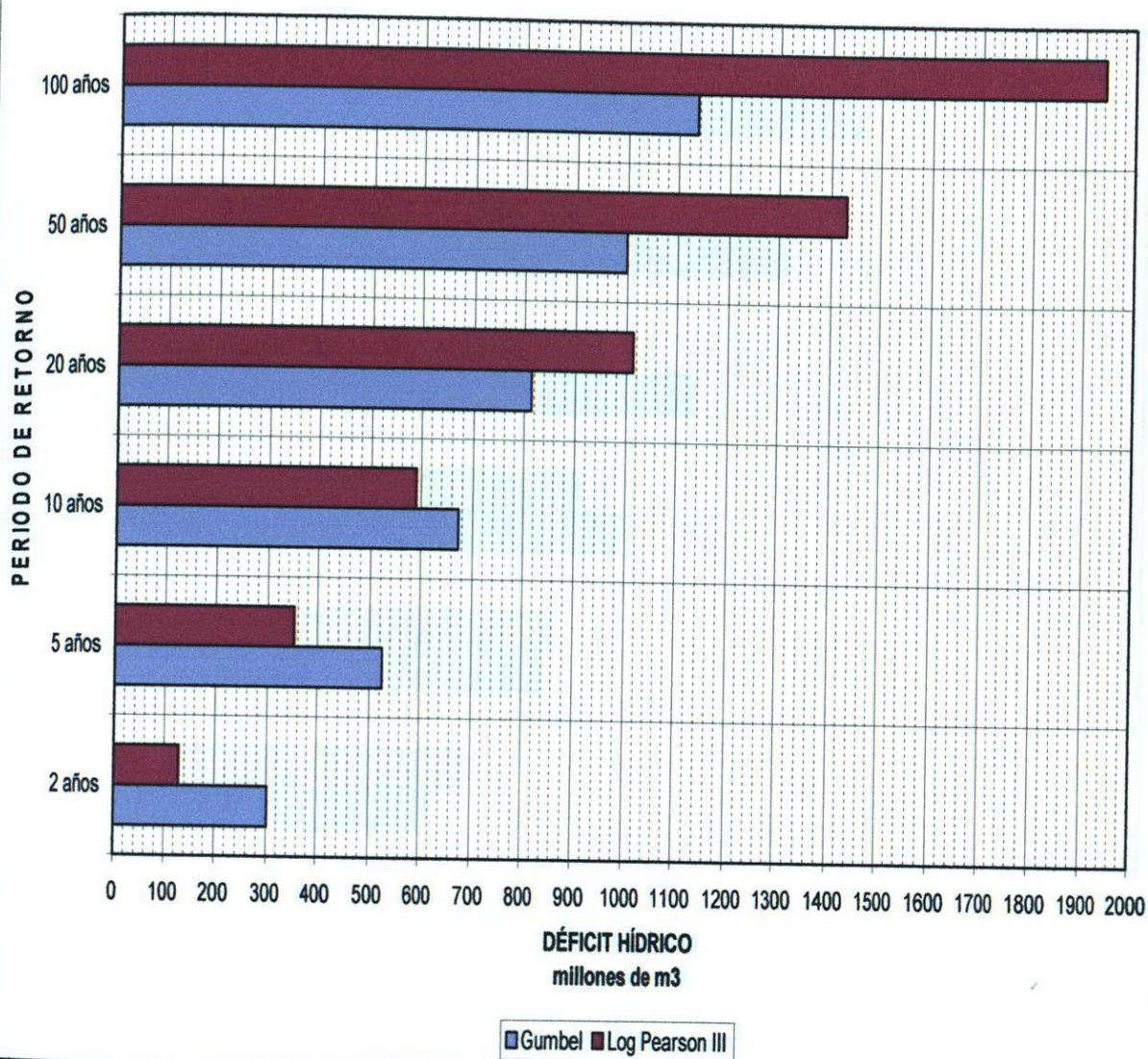


Ilustración 24.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Las Burras

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD CHUVISCAR

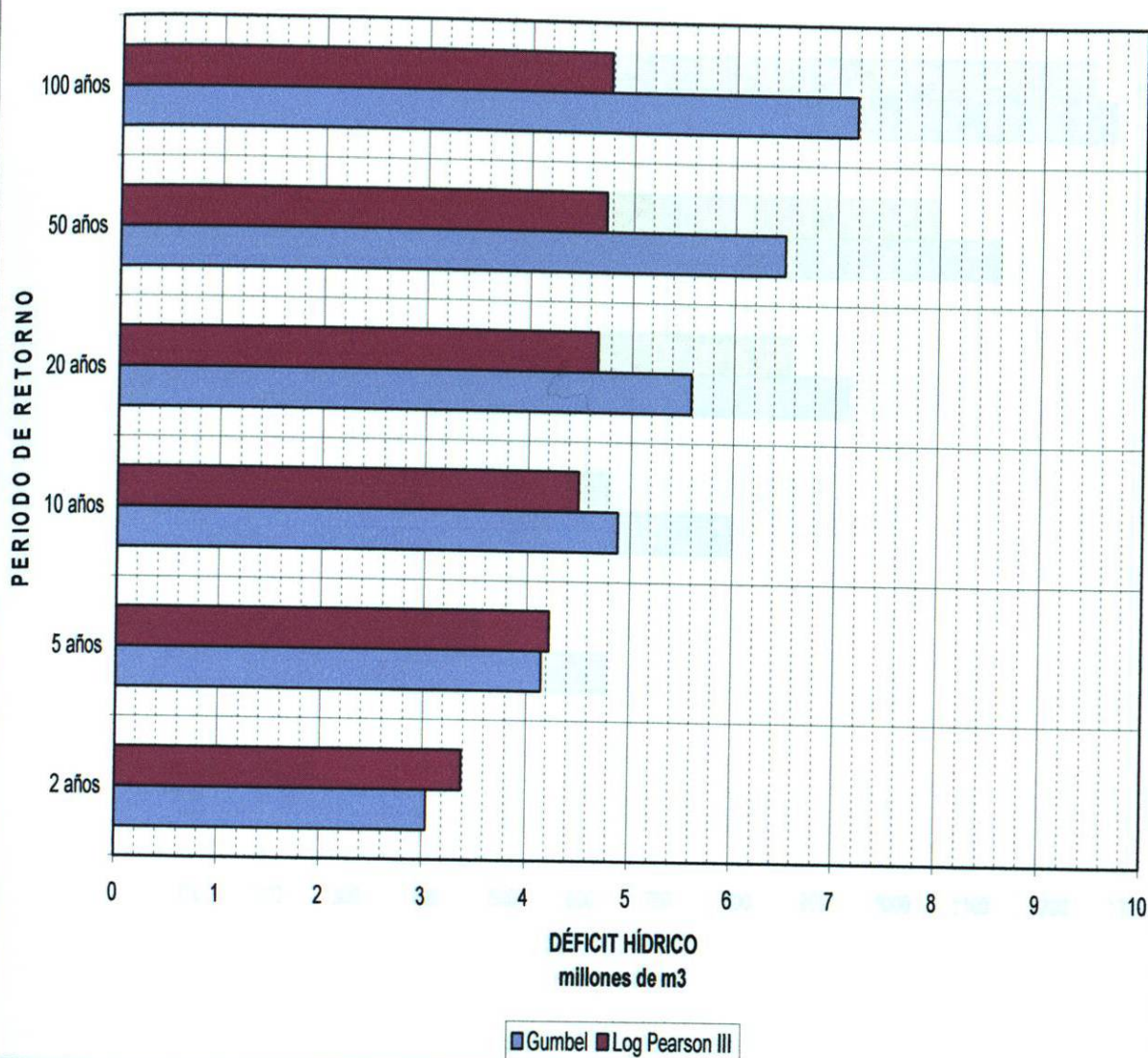


Ilustración 25.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Chuviscar

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD EL GRANERO

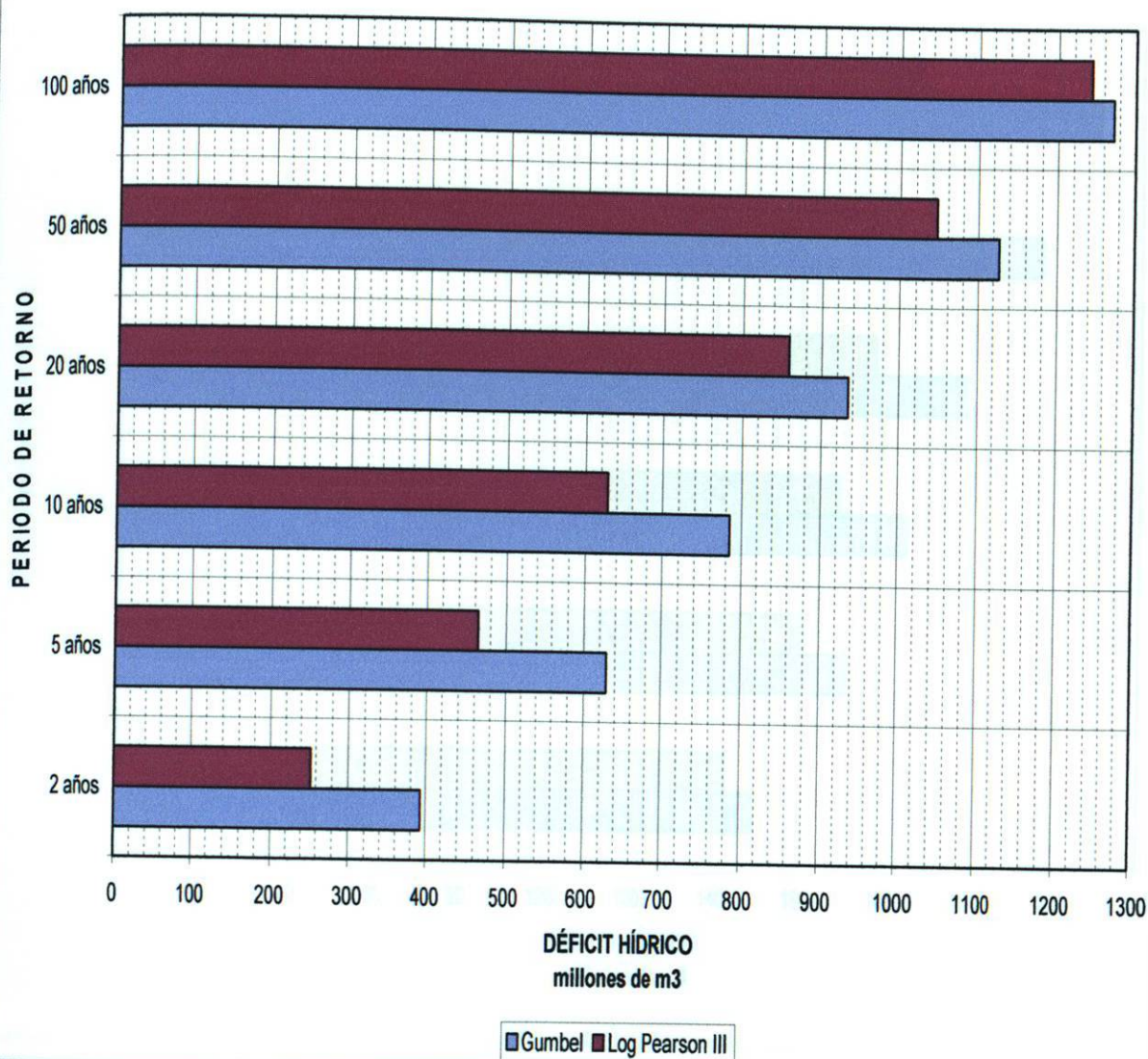


Ilustración 26.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca El Granero

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PUENTE FFCC

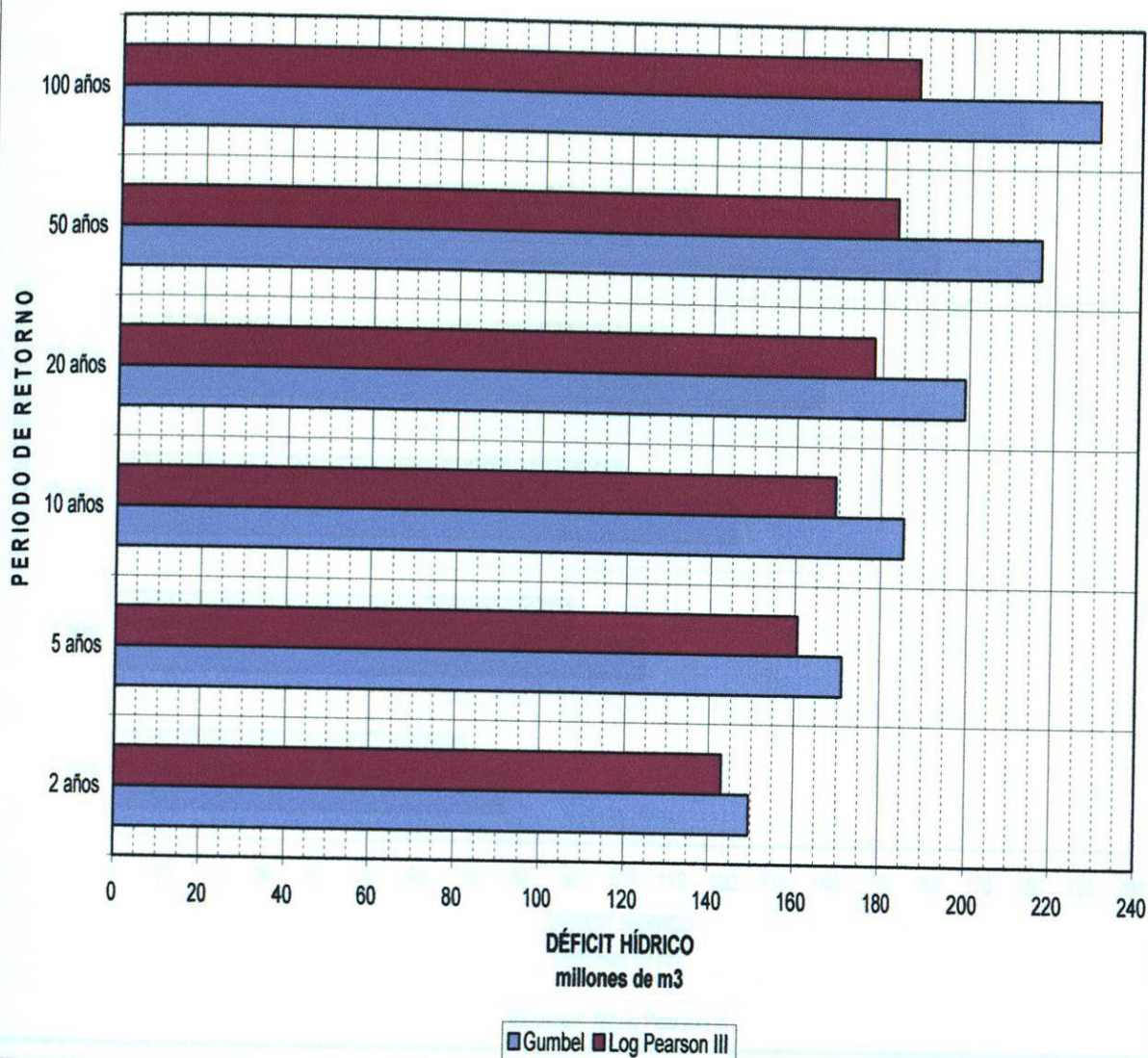


Ilustración 27.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Puente FFCC

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LLANITOS

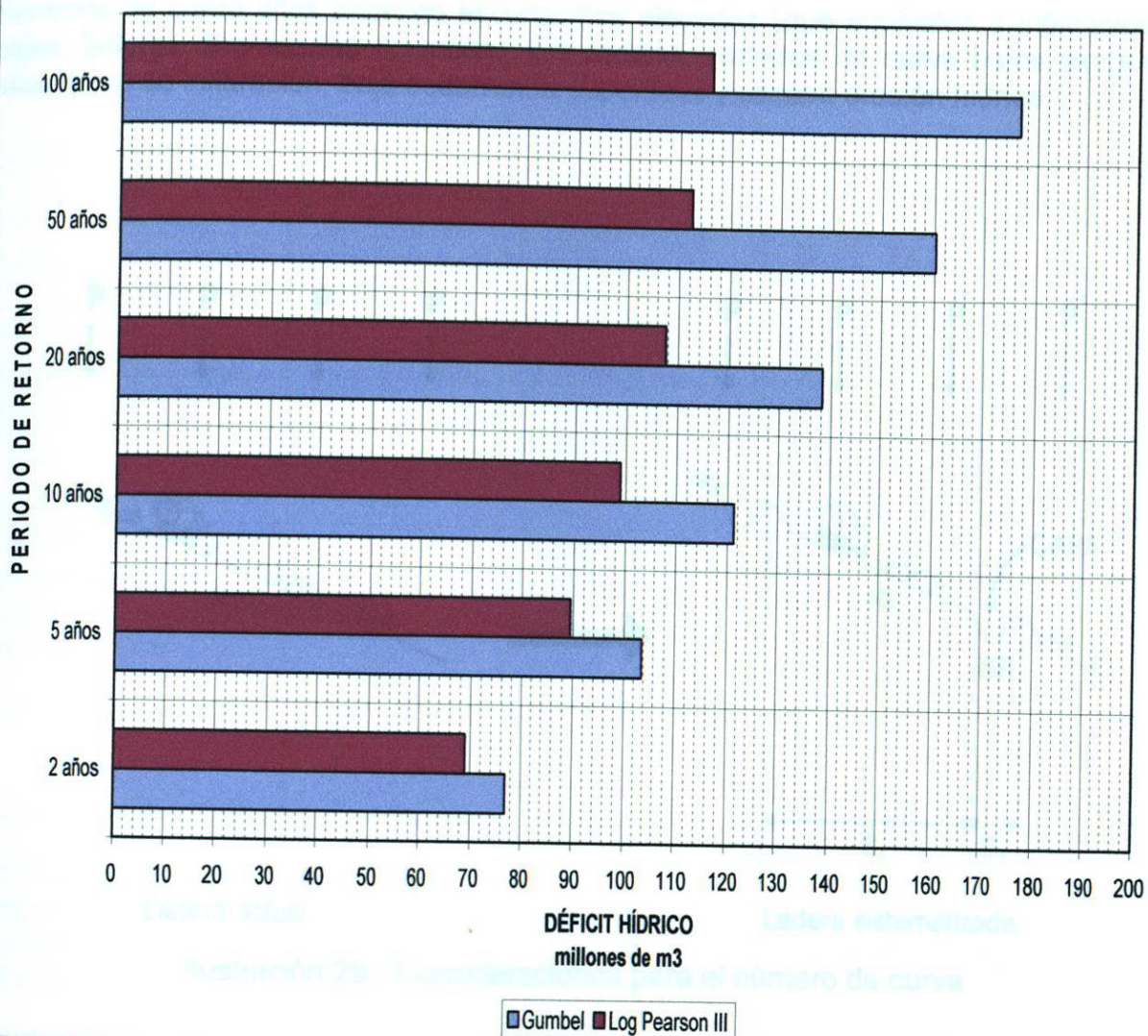


Ilustración 28.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Llanitos

2.4.- NÚMERO DE CURVA

Para elegir el número de curva de una zona hay que utilizar unas tablas que figuran en la mayor parte de los libros de Hidrología. Se trata de elegir la descripción de la tabla que más se asemeje al lugar de estudio.

El número de curva resultante estará comprendido entre 0 y 100.

Números de curva altos implican escorrentías elevadas (que equivalen a infiltraciones bajas, laderas degradadas o ambas). En cambio, números de curva bajos aseguran altas tasas de infiltración, baja escorrentía superficial y escasa erosión hídrica.

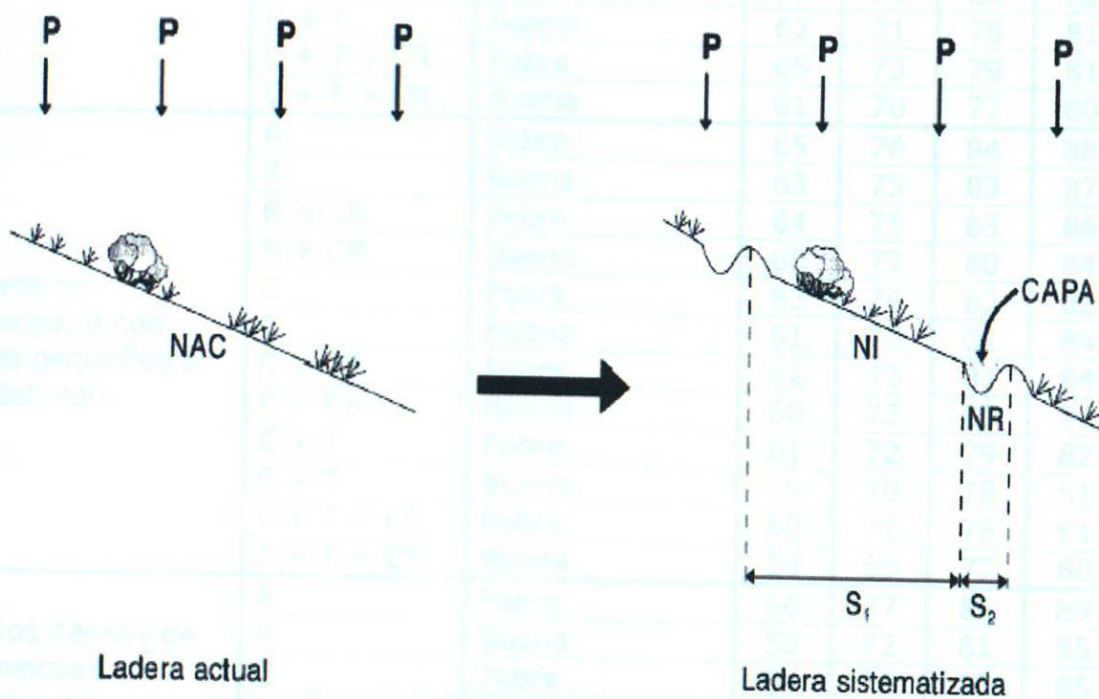


Ilustración 29.- Consideraciones para el número de curva

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
	C + T + CR	Buena	58	69	77	80
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80

Tabla 30.- Valores del número de curva I

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Tabla 31.- Valores del número de curva II

Significado de las abreviaturas:

- CR= Con cubierta de residuos vegetales que ocupe al menos el 5% de la superficie del suelo durante todo el año
- R= Si las labores de la tierra (labrar, gradear, sembrar, etc.) se realizan en línea recta, sin considerar la pendiente del terreno
- C= Si el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel
- T= Si se trata de terrenos aterrazados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos)

2.4.1.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS

Cuenca alta

Recursos hídricos principales

- **lénticos:**

Presas La Boquilla, Colina, San Miguel, Francisco I. Madero, Torreoncillos, Talamantes, Parral, Canutillos y San Juan, lagos Chancaplea, Las Arenosas, El Gigante, El Milagro, El Remolino y el Rincón.

- **Lóticos:**

Ríos Florido, Conchos, San Pedro, Primero, El Álamo, Chuviscar, Parral, San Juan, Balleza, Nonoava, Matalotes y de Gallos

Edafología:

Entre las sierras Tarahumara, de Las Pampas, de Los Remedios, Las Vírgenes, El Llano y Los Gigantes. Tipos de suelo Regosol, Feozem, Cambisol, Litosol y Xerosol.

Características varias:

clima semiseco templado, semiseco semicálido, muy seco semicálido, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo. Temperatura media anual 8-18°C. Precipitación total anual 300-1 000 mm.

Principales poblados:

Chihuahua, Delicias, Hidalgo del Parral, Cd. Camargo

Actividad económica principal:

acuicultura, ganadería, minería y agricultura

Biodiversidad:

Tipos de vegetación: pastizal natural huizachal, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, bosques de pino-encino, encino-pino, de encino y vegetación halófila. Fauna característica: de crustáceos *Orconectes (Gremicambarus) virilis* y *Procambarus (Scapulicambarus) clarkii*; de peces *Ameiurus melas*, *Astyanax mexicanus*, *Campostoma ornatum*, *Cyprinella lutrensis*, *Cyprinodon eximius*, *C. pachycephalus*, *Dionda episcopa*, *Gambusia affinis*, *G. hurtadoi*, *G. senilis*, *Etheostoma australe*, *E. grahami*, *E. pottsi*, *Lepisosteus osseus*, *Lepomis cyanellus*, *L. marginatus*, *Moxostoma austrinum*, *Notropis amabilis*, *Oncorhynchus chrysogaster*, *Pylodictis olivaris*, *Rhinichthys cataractae*. Todas estas especies se encuentran amenazadas, muchas de ellas son indicadoras de aguas limpias. Especies endémicas de peces *Codoma ornata*, *Cyprinella panarcys*, *Cyprinodon macrolepis*, *Gambusia alvarezi*, *Gila nigrescens*, *G. pulchra*, *Notropis braytoni*, *N. chihuahua*, *N. jemezianus*, *Pimephales promelas*.

Aspectos económicos:

Explotación de robalo, truchas, pescado blanco, bagre, carpa, charal y tilapia. Actividad forestal, agropecuaria, minera e industrial (maquiladoras). Existen recursos petroleros.

Cuenca baja

Recursos hídricos principales:

- lénticos: presas Rosetilla y Luis L. León
- Lóticos: río Conchos, arroyos, humedales, manantiales

Edafología:

Entre las sierras Quemada y Cuchillo Parado. Tipos de suelo Regosol, Litosol, Yermosol y Xerosol.

Características varias:

Climas tipo semiseco templado, seco templado y seco semifrío con lluvias en verano. Temperaturas media anual de 16-22°C. Precipitación total anual de 200-400 mm.

Principales poblados:

Ojinaga, Maclovio Herrera

Actividad económica principal:

Industrial, minera y agropecuaria

Biodiversidad:

Tipos de vegetación: pastizal, matorrales desértico micrófilo y rosetófilo. Fauna característica: de peces *Ameiurus melas*, *Astyanax mexicanus*, *Campostoma ornatum*, *Catostomus berrardini*, *Codoma ornata*, *Cyprinella lutrensis*, *Cyprinodon eximius*, *Dionda episcopa*, *Eleotris abacurus*, *Etheostoma australe*, *E. grahami*, *E. pottsi*, *Gambusia affinis*, *G. senilis*, *Ictalurus punctatus*, *Lepisosteus osseus*, *Moxostoma austrinum*, *Notropis amabilis*, *Oncorhynchus chrysogaster*, *Pantosteus plebeius*, *Pimephales promelas*, *Pylodictis olivaris*, *Rhinichthys cataractae*; todas amenazadas por turbidez, calentamiento y aporte de aguas residuales. Endemismos de peces *Cyprinella panarcys*, *Cyprinodon macrolepis*, *C. pachycephalus*, *Notropis chihuahua*, *N. braytoni*, *N. jemezianus*.

Aspectos económicos:

Acuicultura de especies comerciales de carpas *Carpodes carpio* y *Cyprinus carpio*, del bagre *Ictalurus furcatus* y de la tilapia *Oreochromis aureus*. Actividad industrial maquiladora, minera y agropecuaria.

2.5.- PRECIPITACIÓN

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Esto incluye lluvia, llovizna, nieve, cinarra, granizo, pero no la virga, neblina ni rocío. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad.

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la Tierra por gravedad. Es posible inseminar nubes para inducir la precipitación rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, generando las gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación.

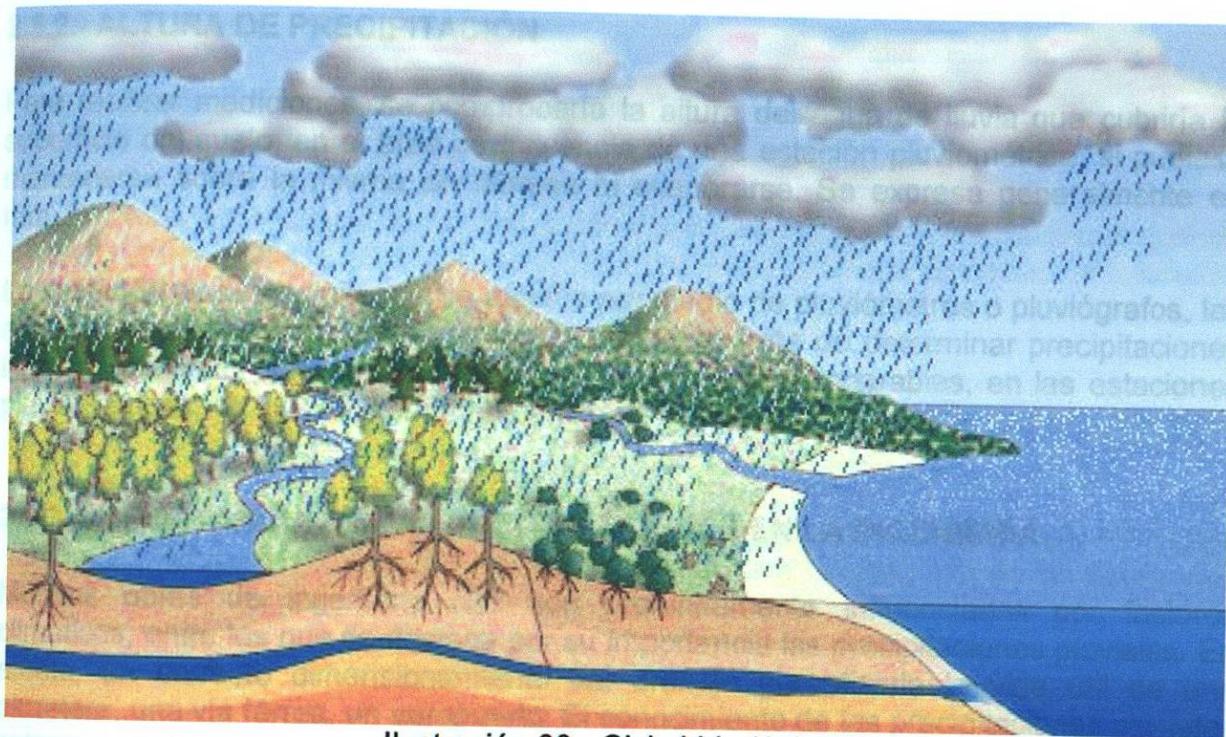


Ilustración 30.- Ciclo hidrológico

2.5.1.- MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

La determinación de los valores precipitados para cada una de las modalidades mencionadas se efectúa con instrumentos especiales estandarizados y registrándose los valores en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los valores indicados para localidades diferentes sean científicamente comparables.

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad. Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie plana e impermeable.

A partir de 1980 se está popularizando cada vez más la medición de la lluvia por medio de un radar meteorológico, los que generalmente están conectados directamente con modelos matemáticos, que permiten así determinar la lluvia y los caudales en tiempo real, en una determinada sección de un río.

2.5.2.- ALTURA DE PRECIPITACIÓN

Para realizar mediciones, se comprobaría la altura del agua de lluvia que cubriría la superficie del suelo, en el área de influencia de una estación pluviométrica, si pudiese mantenerse sobre la misma sin filtrarse ni evaporarse. Se expresa generalmente en mm.

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos, los segundos son utilizados principalmente cuando se trata de determinar precipitaciones intensas de corto período. Para que los valores sean comparables, en las estaciones pluviométricas, se utilizan instrumentos estandarizados.

2.5.3.- IMPORTANCIA DE LAS PRECIPITACIONES EN LA INGENIERÍA

Muchas obras de ingeniería civil son profundamente influenciadas por factores climáticos, entre los que se destaca por su importancia las precipitaciones pluviales. En efecto, un correcto dimensionamiento del drenaje garantizarla la vida útil de una carretera, una vía férrea, un aeropuerto. El conocimiento de las precipitaciones pluviales extremas y el consecuente dimensionamiento adecuado de los órganos extravasores de las represas garantizará su seguridad y la seguridad de las poblaciones y demás estructuras que se sitúan aguas abajo de la misma. El conocimiento de las lluvias intensas, de corta duración, es muy importante para dimensionar el drenaje urbano, y así evitar inundaciones en los centros poblados.

Las características de las precipitaciones pluviales que deben conocerse para estos casos son:

- La intensidad de la lluvia y duración de la lluvia: estas dos características están asociadas. Para un mismo tiempo de retorno, al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, con base en datos observados directamente en el sitio estudiado o en otros sitios vecinos con las mismas características orográficas.
- Las precipitaciones pluviales extremas, es decir con tiempos de retorno de 500, 1.000 y hasta 10.000 años, o la precipitación máxima (o mínima) probable, o PMP, son determinadas, para cada sitio particular, con procedimiento estadísticos, con base en observaciones de larga duración.

Asimismo, cobra igual importancia la precipitación mínima en un área determinada, de modo que así se podrán definir planes de acción ante las sequías asociadas a distintos periodos de retorno.

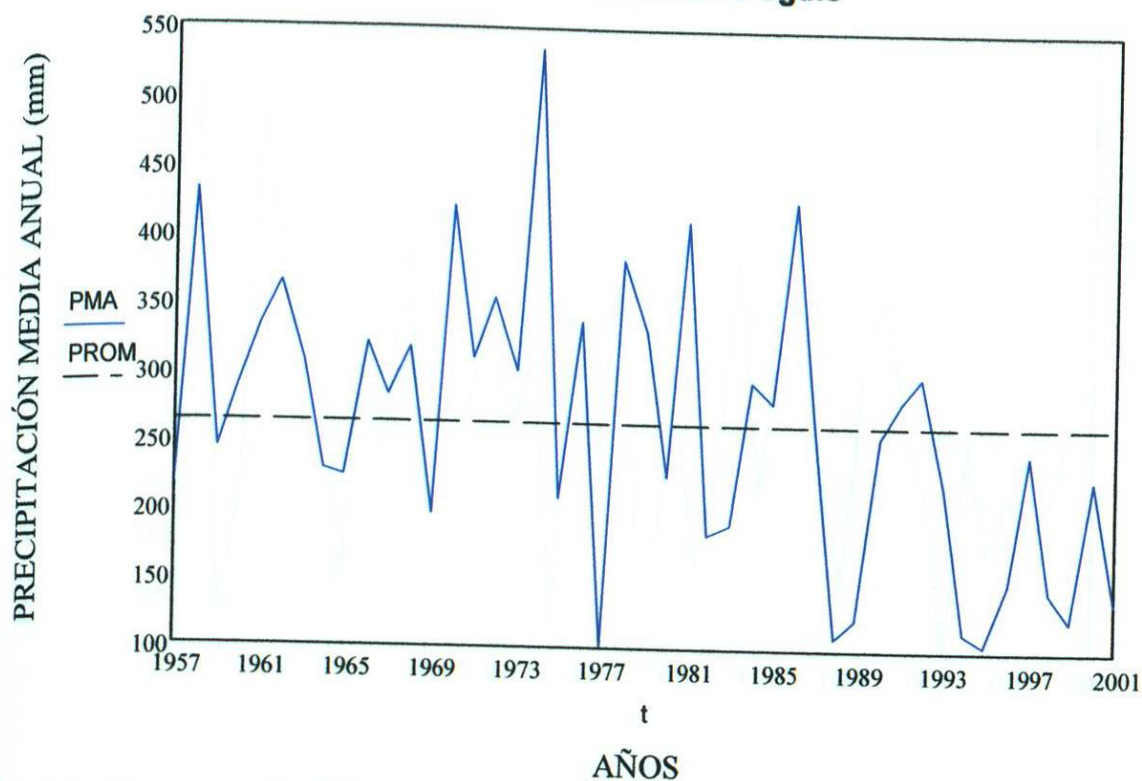
2.5.4.- DETERMINACIÓN DE LA LLUVIA MEDIA EN UNA CUENCA

Las dimensiones de una cuenca hidrográfica son muy variadas, especialmente cuando se trata de estudios que abarcan una área importante, es frecuente que en la misma se sitúen varias estaciones pluviométricas.

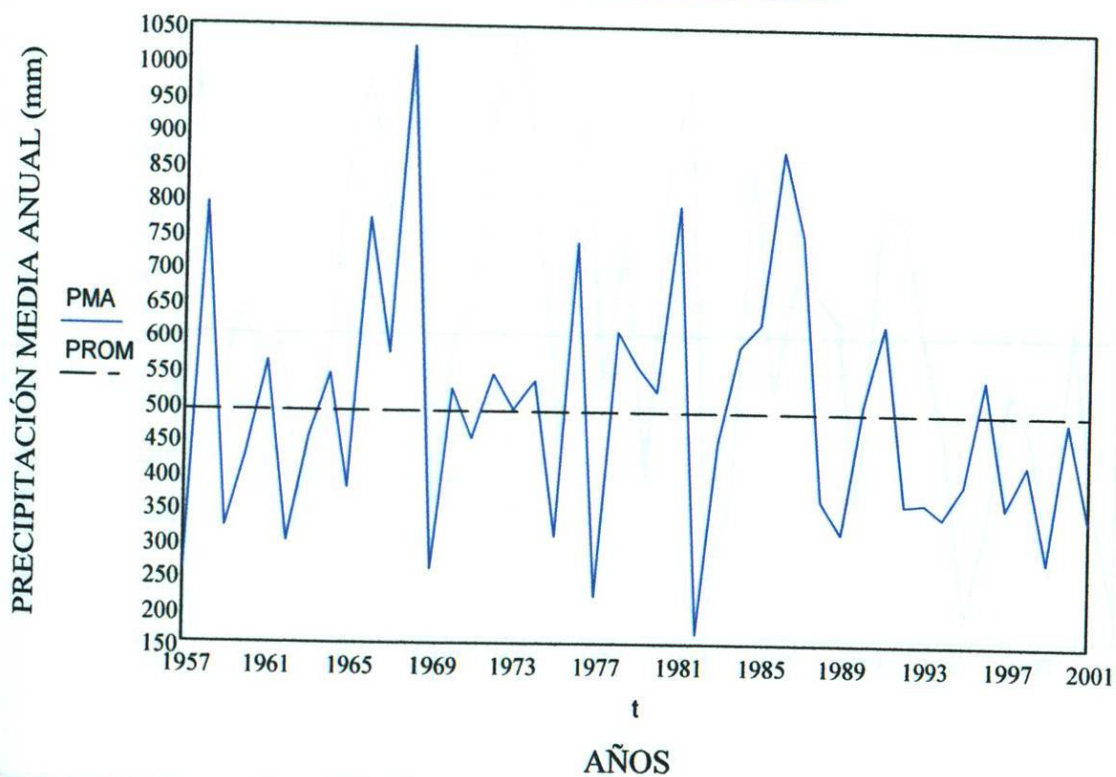
Para determinar la precipitación en la cuenca en un período determinado se utilizan algunos de los procedimientos siguientes: método Aritmético, polígonos de Thiessen y método de las Isoyetas.

En el presente proyecto se acudió a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), para obtener los datos de precipitación media anual (en mm) de cada una de las estaciones hidrométricas elegidas para la investigación, y cuyos datos se muestran en las siguientes gráficas.

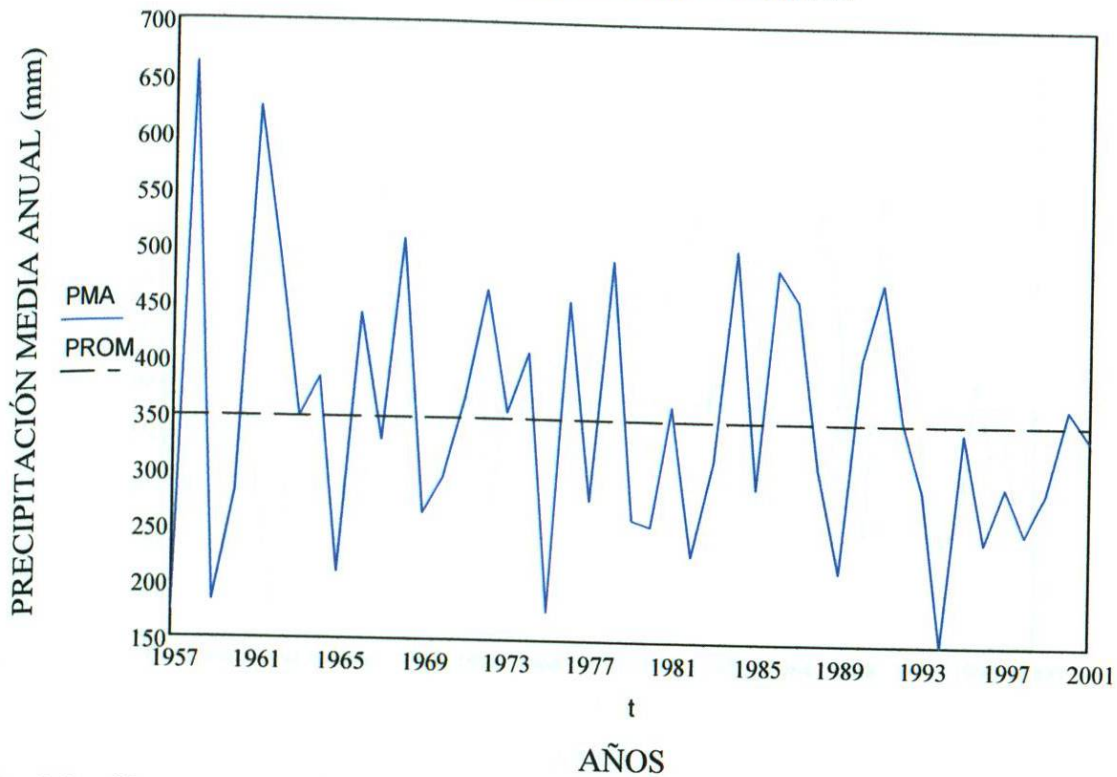
Estación hidrométrica: Peguis



Estación hidrométrica: Parral

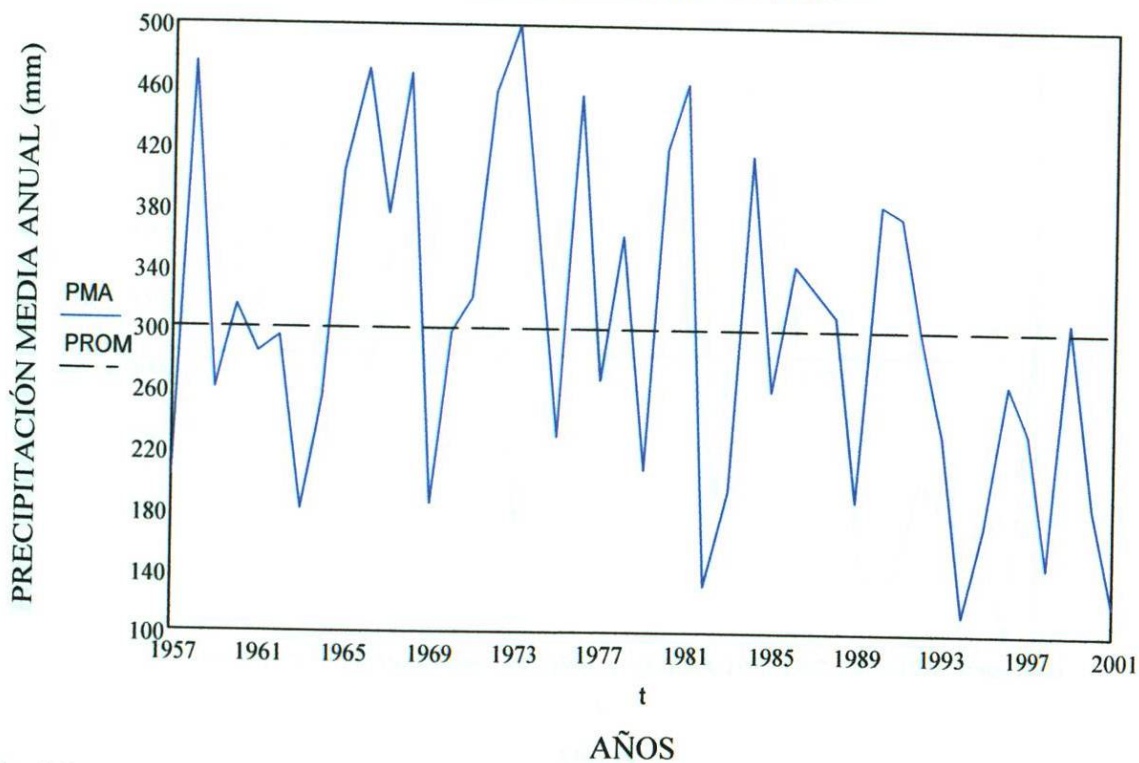


Estación hidrométrica: Jiménez



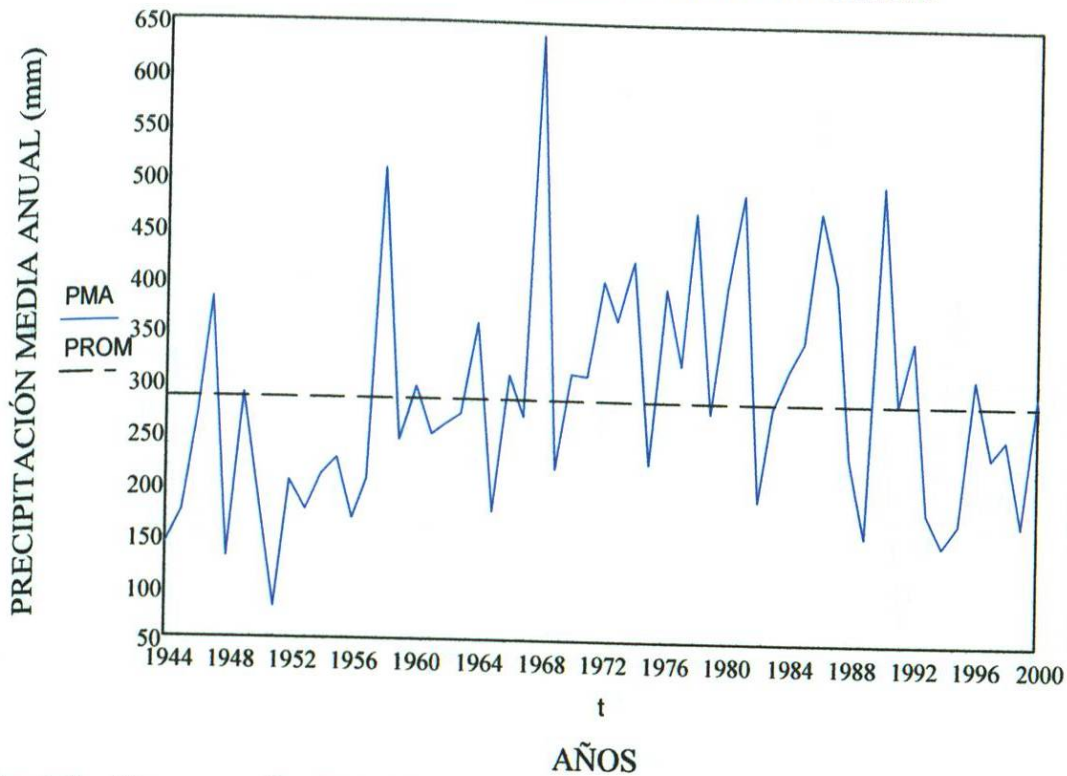
Precipitación promedio: 346.91 mm

Estación hidrométrica: Villalba



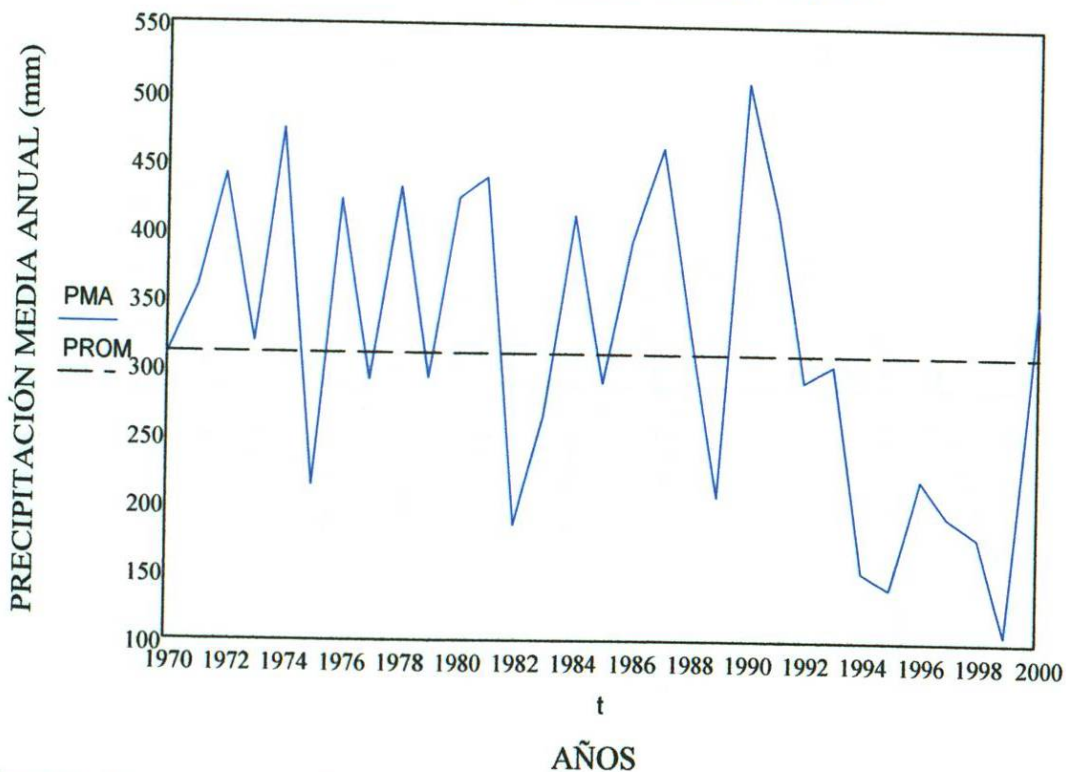
Precipitación promedio: 299.99 mm

Estación hidrométrica: Francisco I. Madero



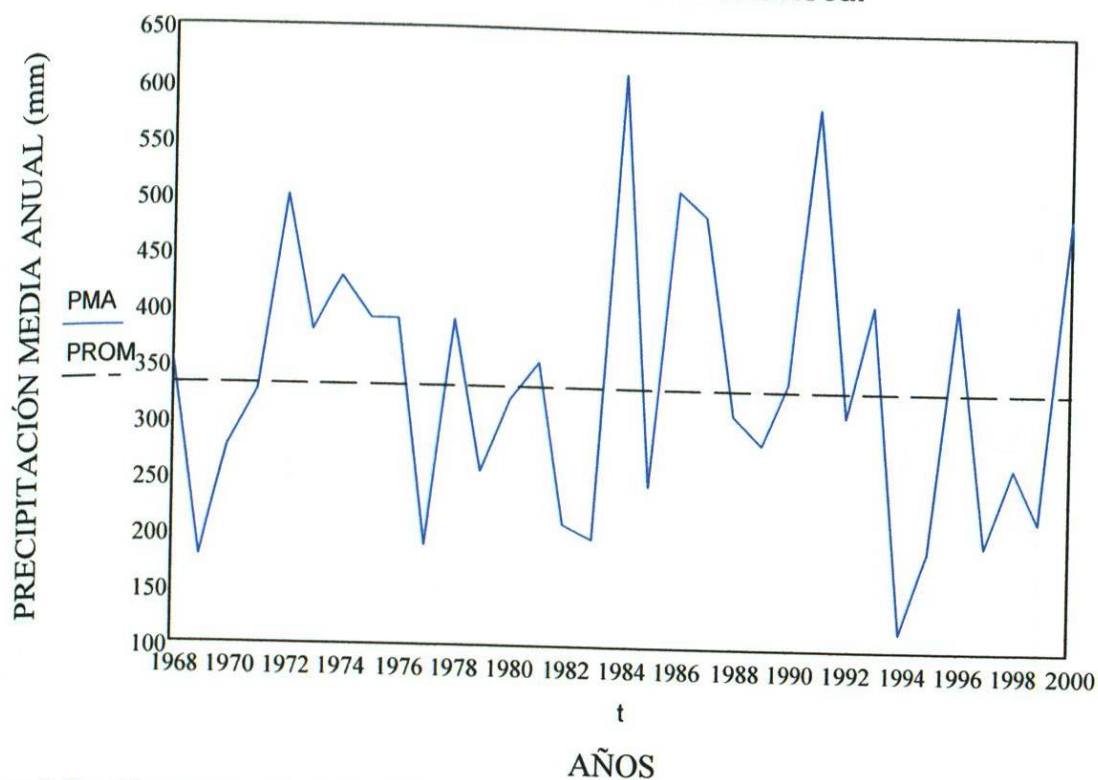
Precipitación promedio: 282.57 mm

Estación hidrométrica: Las Burras

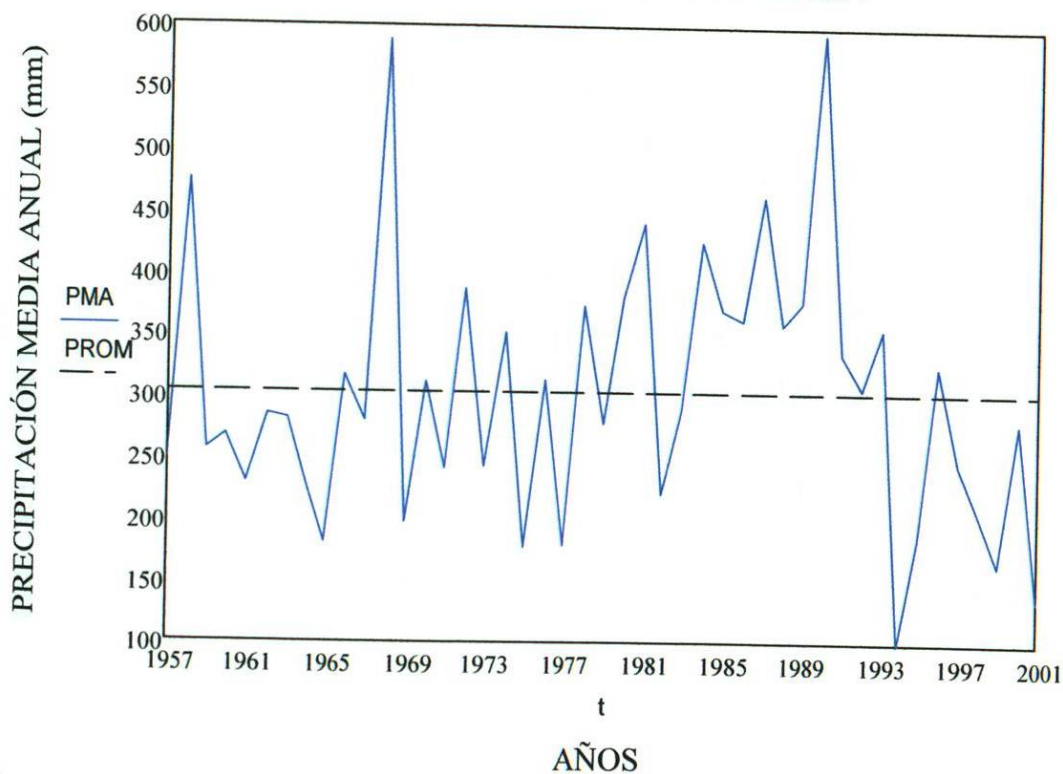


Precipitación promedio: 310.06 mm

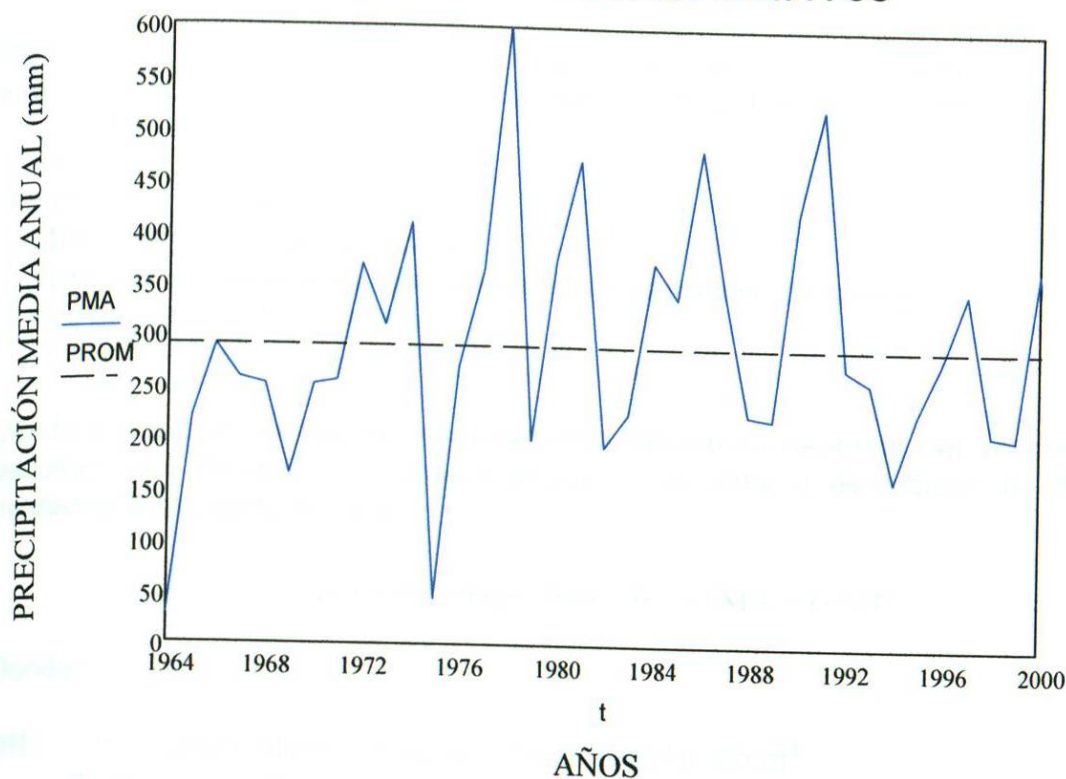
Estación hidrométrica: Chuviscar



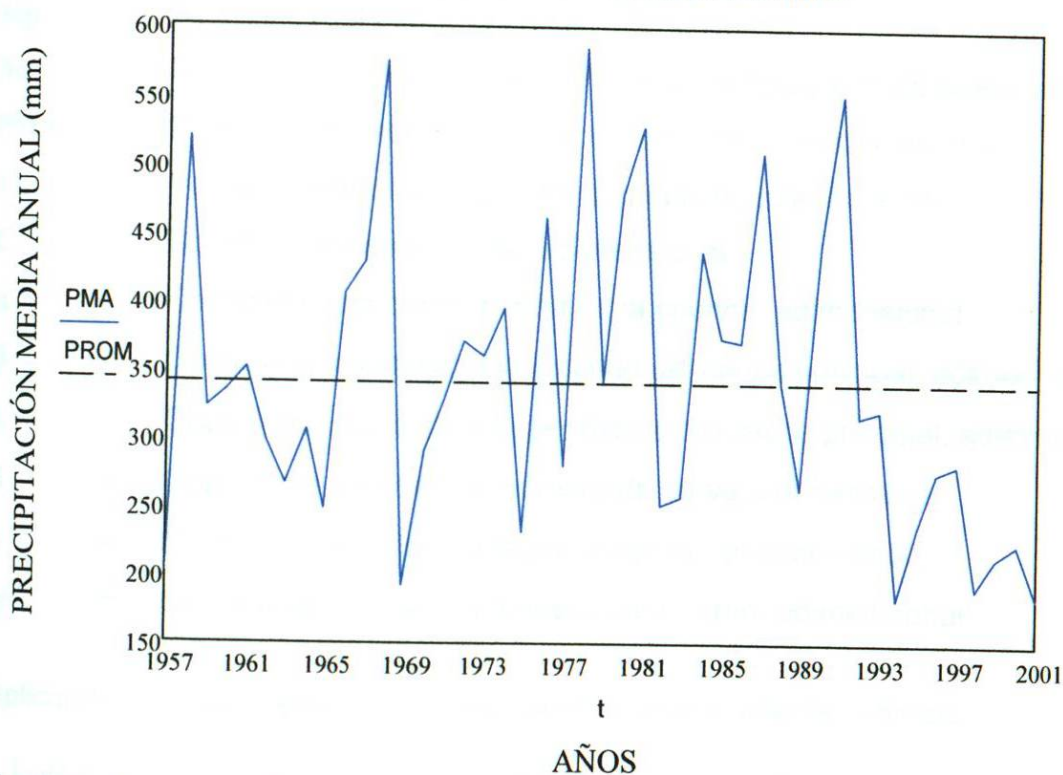
Estación hidrométrica: El Granero



Estación hidrométrica: Puente FFCC



Estación hidrométrica: Llanitos



2.6.- ANÁLISIS NUMÉRICO

Para determinar la severidad de la sequía en una región se utiliza una ecuación que toma en cuenta distintos parámetros propios de una cuenca, como lo son:

- Área de la cuenca
- Longitud del cauce principal
- Pendiente del cauce principal
- Número de curva (que toma en cuenta el tipo y uso de suelo)
- La precipitación media anual
- Periodo de retorno

Dando por aceptado que la severidad de una sequía depende del volumen de agua escurrido por debajo de la media anual, se plantea la evaluación de dicho déficit mediante la siguiente ecuación:

$$DH = Ar^{\alpha} \cdot Lcp^{\beta} \cdot Scp^{\lambda} \cdot Nc^{\delta} \cdot PMA^{\varepsilon} \cdot Tr^{\psi} \cdot C$$

Donde:

- DH** = Déficit hídrico de la cuenca en estudio, en m^3
- Ar** = Área de la cuenca en estudio, en km^2
- Lcp** = Longitud del cauce principal, en km
- Scp** = Pendiente del cauce principal, adimensional
- Nc** = Número de curva que toma en cuenta el tipo y uso de suelo, adimensional
- PMA** = Precipitación media anual de la cuenca en estudio, en mm
- Tr** = Periodo de retorno al que se asocia la sequía, en años
- C** = Constante independiente, adimensional
- α = Coeficiente asociado al área de la cuenca, adimensional
- β = Coeficiente asociado a la longitud del cauce principal, adimensional
- λ = Coeficiente asociado a la pendiente del cauce principal, adimensional
- δ = Coeficiente asociado al número de curva, adimensional
- ε = Coeficiente asociado a la precipitación, adimensional
- ψ = Coeficiente asociado al periodo de retorno, adimensional

Aplicando las leyes de los logaritmos, se obtiene la siguiente expresión:

$$\log(DH) = \alpha \cdot \log(Ar) + \beta \cdot \log(Lcp) + \lambda \cdot \log(Scp) + \delta \cdot \log(Nc) + \varepsilon \cdot \log(PMA) + \psi \cdot \log(Tr) + C$$

La información necesaria para la determinación numérica de la severidad de la sequía concerniente a las cuencas en estudio se presenta a continuación:

ID	Estación	Área de la cuenca km ²	Longitud Cauce ppal. km	Pendiente Cauce ppal. adim	Numero de curva adim	Precipitación Med. anual mm
1	Peguis	67,128	871	0.0019	22.0540	263.06
2	Parral	333	31	0.0091	22.0540	488.19
3	Jiménez	7,770	214	0.0055	22.0540	343.72
4	Villalba	9,557	215	0.0060	22.0540	299.99
5	Fco. I. Madero	10,059	248	0.0049	22.0540	282.57
6	Las Burras	55,377	595	0.0016	22.0540	310.06
7	Chuviscar	854	55	0.0144	22.0540	330.12
8	El Granero	57,819	679	0.0016	22.0540	302.23
9	Puente FFCC	1,162	63	0.0096	22.0540	289.55
10	Llanitos	1,581	88	0.0100	22.0540	340.31

Tabla 32.- Resumen de resultados fisiográficos e hidrometeorológicos

Asimismo, se presentan los resultados de la función de distribución de probabilidad que se refieren al déficit hídrico, mostrado en millones de metros cúbicos de agua.

ID	Estación	PERIODOS DE RETORNO					
		2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS
1	Peguis	324.88	512.10	632.99	778.28	880.70	978.00
2	Parral	13.51	15.42	16.56	17.88	18.79	19.67
3	Jiménez	106.26	122.16	129.88	137.55	142.16	146.06
4	Villalba	198.06	230.39	246.24	262.05	271.58	279.67
5	Fco. I. Madero	137.66	187.91	218.74	255.23	280.87	305.16
6	Las Burras	128.81	352.45	589.76	1013.58	1430.92	1943.11
7	Chuviscar	3.38	4.23	4.50	4.68	4.74	4.78
8	El Granero	253.04	464.10	628.28	859.43	1046.29	1243.87
9	Puente FFCC	143.09	160.62	169.24	177.92	183.20	187.73
10	Llanitos	68.91	89.40	98.90	107.63	112.43	116.13

Tabla 33.- Resumen de resultados de los déficit hídricos

Con base en esta información, se realiza un análisis numérico para la obtención de los coeficientes asociados a las distintas propiedades de las cuencas mediante el siguiente arreglo matricial, tomado en cuenta las variables ya definidas con anterioridad:

$$\text{matriz 1} = \begin{pmatrix} Ar_1 & Lcp_1 & Scp_1 & Nc_1 & PMA_1 & Tr_1 \\ Ar_2 & Lcp_2 & Scp_2 & Nc_2 & PMA_2 & Tr_1 \\ Ar_3 & Lcp_3 & Scp_3 & Nc_3 & PMA_3 & Tr_1 \\ Ar_4 & Lcp_4 & Scp_4 & Nc_4 & PMA_4 & Tr_1 \\ Ar_5 & Lcp_5 & Scp_5 & Nc_5 & PMA_5 & Tr_1 \\ Ar_6 & Lcp_6 & Scp_6 & Nc_6 & PMA_6 & Tr_1 \\ Ar_7 & Lcp_7 & Scp_7 & Nc_7 & PMA_7 & Tr_1 \\ Ar_8 & Lcp_8 & Scp_8 & Nc_8 & PMA_8 & Tr_1 \\ Ar_9 & Lcp_9 & Scp_9 & Nc_9 & PMA_9 & Tr_1 \\ Ar_{10} & Lcp_{10} & Scp_{10} & Nc_{10} & PMA_{10} & Tr_1 \end{pmatrix} \quad \text{matriz 2} = \begin{pmatrix} Def_1 \\ Def_2 \\ Def_3 \\ Def_4 \\ Def_5 \\ Def_6 \\ Def_7 \\ Def_8 \\ Def_9 \\ Def_{10} \end{pmatrix}$$

Donde "Def" es el déficit hídrico, que se define como el resultado de la función de distribución de probabilidad utilizada, para cada periodo de retorno. Asimismo, este arreglo se repite para cada periodo de retorno en estudio.

Una vez conjuntados los datos fisiográficos e hidrométricos se procede a la extracción de las columnas del arreglo matricial, tanto de la matriz 1 como de la matriz 2, asociadas a distintas variables, con el fin de obtener el logaritmo base 10 de cada uno de los valores, definiéndose cada uno como se menciona a continuación:

$$Ar = \sum_1^n \log(Ar)$$

$$PMA = \sum_1^n \log(PMA)$$

$$Lcp = \sum_1^n \log(Lcp)$$

$$Tr = \sum_1^n \log(Tr)$$

$$Scp = \sum_1^n \log(Scp)$$

$$Def = \sum_1^n \log(Def)$$

$$Nc = \sum_1^n \log(Nc)$$

n = Número de estaciones en estudio

Tomando en consideración la definición de variables anterior, y con el fin de obtener los coeficientes asociados a cada una de las características de las cuencas, se obtiene el siguiente arreglo matricial:

$$\text{matriz 3} = \begin{pmatrix} n & Ar & Lcp & Scp & Nc & PMA & Tr \\ Ar & Ar \cdot Ar & Ar \cdot Lcp & Ar \cdot Scp & Ar \cdot Nc & Ar \cdot PMA & Ar \cdot Tr \\ Lcp & Lcp \cdot Ar & Lcp \cdot Lcp & Lcp \cdot Scp & Lcp \cdot Nc & Lcp \cdot PMA & Lcp \cdot Tr \\ Scp & Scp \cdot Ar & Scp \cdot Lcp & Scp \cdot Scp & Scp \cdot Nc & Scp \cdot PMA & Scp \cdot Tr \\ Nc & Nc \cdot Ar & Nc \cdot Lcp & Nc \cdot Scp & Nc \cdot Nc & Nc \cdot PMA & Nc \cdot Tr \\ PMA & PMA \cdot Ar & PMA \cdot Lcp & PMA \cdot Scp & PMA \cdot Nc & PMA \cdot PMA & PMA \cdot Tr \\ Tr & Tr \cdot Ar & Tr \cdot Lcp & Tr \cdot Scp & Tr \cdot Nc & Tr \cdot PMA & Tr \cdot Tr \end{pmatrix}$$

Tabla 34. Valores de los exponentes de la ecuación de déficit

$$\text{matriz 4} = \begin{pmatrix} Def \\ Ar \cdot Def \\ Lcp \cdot Def \\ Scp \cdot Def \\ Nc \cdot Def \\ PMA \cdot Def \\ Tr \cdot Def \end{pmatrix}$$

Teniendo ya desarrollo el sistema matricial anterior, para cada periodo de retorno, se soluciona como un sistema de ecuaciones lineales, cuya solución serán los coeficientes necesarios para la aplicación de la ecuación del déficit hidráulico.

$$\text{coeficientes} = \begin{pmatrix} C \\ \alpha \\ \beta \\ \lambda \\ \delta \\ \varepsilon \\ \psi \end{pmatrix}$$

Tabla 35. Resultados del déficit hidráulico calculado

Aplicando el procedimiento anterior, se obtienen los siguientes valores de los coeficientes que están asociados a las distintas características de las cuencas.

PERIODO DE RETORNO	EXPONENTES						
	C	α	β	λ	δ	ε	ψ
2 años	-15.859	0.139	-0.188	-0.868	17.567	-3.164	0.002416
5 años	-27.685	0.915	-1.605	-1.302	26.267	-3.345	0.000203
10 años	-48.057	1.700	-3.019	-1.595	41.316	-3.439	0.000000
20 años	-48.527	2.050	-3.672	-1.843	41.492	-3.489	-0.000012
50 años	-68.756	2.775	-4.995	-2.099	56.589	-3.631	-0.002351
100 años	-112.682	4.166	-7.458	-2.396	89.246	-3.758	-0.000390

Tabla 34.- Valores de los exponentes de la ecuación de déficit

Ya definidos los coeficientes, se aplica la ecuación que representa el déficit hídrico asociado a un periodo de retorno.

$$DH = Ar^{\alpha} + Lcp^{\beta} + Scp^{\lambda} + Nc^{\delta} + PMA^{\varepsilon} + Tr^{\psi} + C$$

La aplicación de esta ecuación se realiza para cada estación y para los distintos periodos de retorno, dando como resultado la siguiente tabulación, cuyos valores se encuentran en millones de metros cúbicos:

ESTACIÓN	PERIODOS DE RETORNO					
	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS
PEGUIS	366.877	562.849	628.297	669.670	772.777	810.113
PARRAL	11.924	15.238	17.601	19.620	22.220	24.572
JIMENEZ	60.364	76.276	81.439	84.800	89.277	92.071
VILLALBA	88.528	128.789	158.678	183.717	218.147	262.646
FRANCISCO I. MADERO	125.043	170.654	190.868	216.154	227.969	234.231
LAS BURRAS	264.8	627.944	1069.705	1632.729	2516.174	4193.080
CHUVISCAR	25.022	27.327	27.691	28.253	28.546	29.267
EL GRANERO	281.765	575.671	843.679	1200.854	1609.177	2063.555
PUENTE FFCC	61.887	82.009	95.846	105.482	122.896	141.769
LLANITOS	20.898	27.779	30.685	31.710	35.118	35.120

Tabla 35.- Resultados del déficit hídrico calculado

2.7.- GESTIONES DEL RIEGO

Las organizaciones difieren en su capacidad de afrontar los diferentes niveles de complejidad. Esta capacidad está determinada fundamentalmente por la base de autoridad de la organización, modo de financiación, incentivos y mecanismos de control. Existen seis modelos de organización básica no gubernamental, que son utilizados para la gestión de los sistemas de riego en todo el mundo. Éstos son:

- Asociación multipropósito de usuarios del agua
- Empresa pública
- Gobierno local
- Distrito de riego
- Compañía mutua
- Compañía privada

2.7.1.- ASOCIACIONES MULTIPROPÓSITO DE USUARIOS DEL AGUA

Las AUA multipropósito son los grupos de usuarios del agua que combinan las funciones de gobierno y de gestión. Se trata generalmente de cooperativas de usuarios del agua. En Asia y África, sus miembros tienden a llevar a cabo ambas funciones directamente, de modo que son más aptas para los sistemas de riego a pequeña escala o sectores de un sistema más grande, donde las necesidades de gestión son relativamente sencillas y no demasiado intensas. Los miembros de las AUA incluyen generalmente a todos los propietarios o agricultores servidos por el sistema de riego.

Las AUA de riego a pequeña escala tienden a ser órganos informales o políticamente débiles, que carecen del poder suficiente para aplicar fuertes sanciones y aplicar normas. Las tareas de contabilidad y de gestión son generalmente realizadas por los representantes elegidos por los agricultores, quienes suelen recibir una escasa contraprestación oficial por sus contribuciones. Las AUA funcionan generalmente con debilidad de cara a las potentes administraciones públicas y gobiernos locales, y carecen de derechos de agua formales.

A pesar de ello, los expertos técnicos estiman a menudo que la AUA es la única alternativa posible a la gestión pública. Sin embargo, en ocasiones, se recomienda en contextos que probablemente no son apropiados, como en grandes superficies servidas con condiciones complejas. La corrupción, el control por parte de los grupos de poder y las disputas entre las partes implicadas, son problemas que a menudo sobrepasan la capacidad de la modesta AUA. En la elaboración de las políticas de TGR, se deberían considerar otro tipo de organizaciones, quizá ya probadas, especialmente para aquellas superficies servidas más extensas y complejas.

En América Latina, sin embargo, especialmente en los sistemas de riego que sirven más de 5 000 ha, las AUA actúan a menudo sólo como órgano de gobierno de los usuarios del agua, mientras que el servicio de riego es suministrado por profesionales contratados y supervisados por la junta de gobierno de la AUA elegida.

2.7.2.- LAS EMPRESAS PÚBLICAS

Son normalmente autónomas desde el punto de vista financiero, y tienen objetivos fijados desde el gobierno para suministrar un servicio de aguas monopolístico dentro de la jurisdicción adjudicada, como una región determinada o una cuenca hidrológica. Normalmente, son establecidas por el gobierno y no son tan responsables de cara a los usuarios como los distritos constituidos localmente o las compañías mutuas.

2.7.3.- LOS GOBIERNOS LOCALES

Como las poblaciones o las municipalidades, gestionan en ocasiones los sistemas de riego. Éste es generalmente el caso de sistemas de riego a pequeña escala o sectores de grandes sistemas de riego, donde no existen alternativas de organizaciones locales viables. Se pueden encontrar ejemplos alrededor de todo el mundo. El punto débil de este modelo es que las redes de riego no coinciden, frecuentemente, con los límites administrativos y los gobiernos locales se distraen a menudo de la gestión por otros problemas.

2.7.4.- EL DISTRITO DE RIEGO

Es normalmente un tipo de organización local pública, o "semi-municipalidad" con una función específica. Suele gozar de ciertos privilegios e inmunidades, que no están al alcance de otras organizaciones del sector privado. En general, existe una junta de gobierno que se encarga de contratar un gerente y un profesional a tiempo completo para gestionar el sistema, como empleados del distrito.

2.7.5.- LA COMPAÑÍA MUTUA

Es generalmente una sociedad de responsabilidad limitada, formada a partir de acciones del sistema de riego que pertenecen a los propietarios y usuarios del agua. El valor de las acciones suele estar basado en una valoración de los activos del sistema de riego que pertenecen a los miembros. Se podría contratar personal profesional para gestionar el sistema. Estas compañías tienden a existir en sistemas de riego que se han desarrollado fundamentalmente a partir de la financiación de los agricultores o del sector privado. Este modelo tiende a funcionar mejor en economías comerciales, donde la gestión depende más de la inversión que de las ayudas del gobierno.

2.7.6.- LA COMPAÑÍA PRIVADA

En el caso de plantaciones o en grandes explotaciones gestionadas por compañías privadas, los sistemas de riego suelen estar operados por la compañía privada que gestiona la producción agrícola en la superficie regada. En la gestión del riego mediante la contratación de organizaciones, la organización de gobierno realiza un contrato con una tercera parte (empresa) por un período limitado de tiempo para gestionar un sistema de riego. En China, las municipalidades o las oficinas de conservación de aguas suministran contratos de una duración limitada a "equipos de profesionales en la gestión de riego" locales para hacerse cargo de la gestión de sectores de los sistemas de riego. Este sistema necesita la disponibilidad de diferentes proveedores de servicios y es más apta para las tareas de gestión que no requieren un largo proceso de aprendizaje.

2.8.- USO DEL AGUA EN LOS DISTRITOS DE RIEGO

Como sabemos, la transferencia de los distritos de riego a los usuarios, productores agropecuarios, se hizo con el objetivo fundamental de permitirles realizar un mejor aprovechamiento de las aguas y de la infraestructura hidráulica.

A partir de esta transferencia, se señala que se dio un uso más eficiente del agua, sin embargo es un hecho que sigue habiendo un desperdicio excesivo de agua en riego agrícola.

De acuerdo al diagnóstico del Programa Nacional Hidráulico, el sector agrícola de México utiliza casi el 80 por ciento del agua disponible en el país, sin embargo, se estima que hay muchas extensiones de cultivos de riego en donde el vital líquido se desperdicia hasta en más del 50 por ciento.

Ante esta problemática, cobra vital importancia un estudio a fondo sobre el fenómeno de las sequías, ya que en el sector agrícola, la carencia de agua representa severas pérdidas de distinta índole, principalmente económica.

A continuación, se muestra un reporte proporcionado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) acerca de la producción agrícola obtenida en el distrito de riego 005 denominado Las Delicias, el cual se encuentra dentro de la cuenca del Río Conchos, durante el periodo 2006-2007.

3.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1.- PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
GERENCIA ESTATAL DE CHIHUAHUA
DISTRITO DE RIEGO 005, DELICIAS

PRODUCCIÓN OBTENIDA AGRÍCOLA 2006 - 2007

CULTIVOS	SUPERFICIE		RENDIMIENTO TON/HA	PRODUCCIÓN TON	P.M.R.	PRODUCCIÓN MILES \$	VAL DE COS / HA. (MILES DE \$ HA.)	VOL. BTO. (MILES M3)	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)
	SEMBRADA	COSECHADA							
OTONO-INV.									
TRIGO									
VARIOS									
CEBOLLA									
AVENA									
PRADERA									
CEBADA									
SUBTOTAL									
PRIM-VER.									
ALGODON	787.00	787.00	1.90	1,495.30	\$ 5,360.00	\$ 8,014,808.00	10,184.00	10,146.90	789.88
CACAHUATE	3,496.00	3,496.00	2.40	8,390.40	\$ 6,500.00	\$ 54,537,600.00	15,600.00	48,680.50	1,120.32
MAIZ	8,064.00	8,064.00	40.00	322,560.00	\$ 284.98	\$ 91,923,148.80	11,399.20	90,283.90	1,018.16
VARIOS	3,519.00	3,519.00	35.00	123,165.00	\$ 911.00	\$ 112,203,315.00	31,885.00	33,686.10	3,330.85
SORGO	32.00	32.00	4.00	128.00	\$ 1,450.00	\$ 185,600.00	5,800.00	1,103.30	168.22
SOYA	10.00	10.00	2.40	24.00	\$ 3,085.00	\$ 74,040.00	7,404.00	97.50	
CHILE	7,209.00	7,209.00	29.20	210,502.80	\$ 2,593.97	\$ 546,037,948.12	75,743.92	103,213.80	5,290.36
FRIJOL	6.00	6.00	1.30	7.80	\$ 7,608.00	\$ 59,342.40	9,890.40	101.00	587.55
CEBOLLA	2,059.00	2,059.00	46.10	94,919.90	\$ 2,110.45	\$ 200,323,702.96	97,291.75	29,541.70	6,781.05
AVENA	297.00	297.00	6.80	2,019.60	\$ 972.43	\$ 1,963,919.63	6,612.52	1,599.60	1,227.76
SUBTOTAL	25,479.00	25,479.00	29.95	763,212.80		\$ 1,015,323,424.90	39,849.42	318,454.30	3,188.29
SEG. CULT.									
SORGO									
MAIZ									
CACAHUATE									
VARIOS									
SOYA									
FRIJOL									
CHILE									
SUBTOTAL									
PERENNES									
ALFALFA	23,560.00	23,560.00	14.90	351,044.00	\$ 1,093.28	\$ 383,789,384.32	16,289.87	405,615.80	946.19
VID	173.00	173.00	12.30	2,127.90	\$ 1,800.00	\$ 3,830,220.00	22,140.00	2,696.40	1,420.49
NOGAL	5,405.00	5,405.00	1.50	8,107.50	\$ 30,000.00	\$ 243,225,000.00	45,000.00	88,289.80	2,754.85
SUBTOTAL	29,138.00	29,138.00	12.40	361,279.40		\$ 630,844,604.32	21,650.24	496,602.00	1,270.32
TOTAL	54,617.00	54,617.00	20.59	1,124,492.20		\$ 1,646,168,029.22	30,140.21	815,056.30	2,019.70

3.2.- IMPACTO ECONÓMICO DE LAS SEQUÍAS

De acuerdo a la presente investigación, y según la información del reporte de producción agrícola presentado anteriormente, cobra especial importancia el índice de producción total del distrito de riego, que para efecto del estudio, nos representará un índice de pérdida, ya que es el factor de conversión entre el déficit hídrico de las cuencas y la pérdida económica que éste representa.

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES m ³)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Peguis	2 años	366.88	366,877	2,019.70	\$ 740,980,945.80
	5 años	562.85	562,849	2,019.70	\$ 1,136,785,310.51
	10 años	628.30	628,297	2,019.70	\$ 1,268,970,541.37
	20 años	669.67	669,670	2,019.70	\$ 1,352,531,529.57
	50 años	772.78	772,777	2,019.70	\$ 1,560,776,588.21
	100 años	810.11	810,113	2,019.70	\$ 1,636,184,053.37

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Parral	2 años	11.92	11,924	2,019.70	\$ 24,082,885.54
	5 años	15.24	15,238	2,019.70	\$ 30,776,166.54
	10 años	17.60	17,601	2,019.70	\$ 35,548,714.22
	20 años	19.62	19,620	2,019.70	\$ 39,626,485.60
	50 años	22.22	22,220	2,019.70	\$ 44,877,701.83
	100 años	24.57	24,572	2,019.70	\$ 49,628,032.83

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Jiménez	2 años	60.36	60,364	2,019.70	\$ 121,917,083.42
	5 años	76.28	76,276	2,019.70	\$ 154,054,526.78
	10 años	81.44	81,439	2,019.70	\$ 164,482,230.41
	20 años	84.80	84,800	2,019.70	\$ 171,270,437.24
	50 años	89.28	89,277	2,019.70	\$ 180,312,627.66
	100 años	92.07	92,071	2,019.70	\$ 185,955,665.42

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Villalba	2 años	88.53	88,528	2,019.70	\$ 178,799,873.45
	5 años	128.79	128,789	2,019.70	\$ 260,114,956.86
	10 años	158.68	158,678	2,019.70	\$ 320,481,726.89
	20 años	183.72	183,717	2,019.70	\$ 371,052,958.95
	50 años	218.15	218,147	2,019.70	\$ 440,591,180.11
	100 años	262.65	262,646	2,019.70	\$ 530,465,745.99

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Francisco I. Madero	2 años	125.04	125,043	2,019.70	\$ 252,549,166.09
	5 años	170.65	170,654	2,019.70	\$ 344,669,636.76
	10 años	190.87	190,868	2,019.70	\$ 385,495,823.30
	20 años	216.15	216,154	2,019.70	\$ 436,565,920.89
	50 años	227.97	227,969	2,019.70	\$ 460,428,659.29
	100 años	234.23	234,231	2,019.70	\$ 473,076,011.62

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Las Burras	2 años	264.80	264,800	2,019.70	\$ 534,816,176.67
	5 años	627.94	627,944	2,019.70	\$ 1,268,257,587.78
	10 años	1,069.71	1,069,705	2,019.70	\$ 2,160,481,639.97
	20 años	1,632.73	1,632,729	2,019.70	\$ 3,297,620,397.73
	50 años	2,516.17	2,516,174	2,019.70	\$ 5,081,912,985.34
	100 años	4,193.08	4,193,080	2,019.70	\$ 8,468,757,606.02

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Chuviscar	2 años	25.02	25,022	2,019.70	\$ 50,536,897.18
	5 años	27.33	27,327	2,019.70	\$ 55,192,302.34
	10 años	27.69	27,691	2,019.70	\$ 55,927,472.61
	20 años	28.25	28,253	2,019.70	\$ 57,062,543.20
	50 años	28.55	28,546	2,019.70	\$ 57,654,314.88
	100 años	29.27	29,267	2,019.70	\$ 59,110,517.53

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
El Granero	2 años	281.77	281,765	2,019.70	\$ 569,080,362.61
	5 años	575.67	575,671	2,019.70	\$ 1,162,681,885.35
	10 años	843.68	843,679	2,019.70	\$ 1,703,977,254.97
	20 años	1,200.85	1,200,854	2,019.70	\$ 2,425,363,085.42
	50 años	1,609.18	1,609,177	2,019.70	\$ 3,250,052,457.42
	100 años	2,063.56	2,063,555	2,019.70	\$ 4,167,759,046.26

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Puente FFCC	2 años	61.89	61,887	2,019.70	\$ 124,993,084.31
	5 años	82.01	82,009	2,019.70	\$ 165,633,458.58
	10 años	95.85	95,846	2,019.70	\$ 193,580,027.45
	20 años	105.48	105,482	2,019.70	\$ 213,041,842.70
	50 años	122.90	122,896	2,019.70	\$ 248,212,873.29
	100 años	141.77	141,769	2,019.70	\$ 286,330,644.07

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m ³	DÉFICIT MILES m ³	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Llanitos	2 años	20.90	20,898	2,019.70	\$ 42,207,660.35
	5 años	27.78	27,779	2,019.70	\$ 56,105,206.09
	10 años	30.69	30,685	2,019.70	\$ 61,974,450.08
	20 años	31.71	31,710	2,019.70	\$ 64,044,641.10
	50 años	35.12	35,118	2,019.70	\$ 70,927,773.76
	100 años	35.12	35,120	2,019.70	\$ 70,931,813.16

Estos resultados se expresan también gráficamente, mostrando que el aumento del déficit hídrico es directamente proporcional a la pérdida económica que genera.

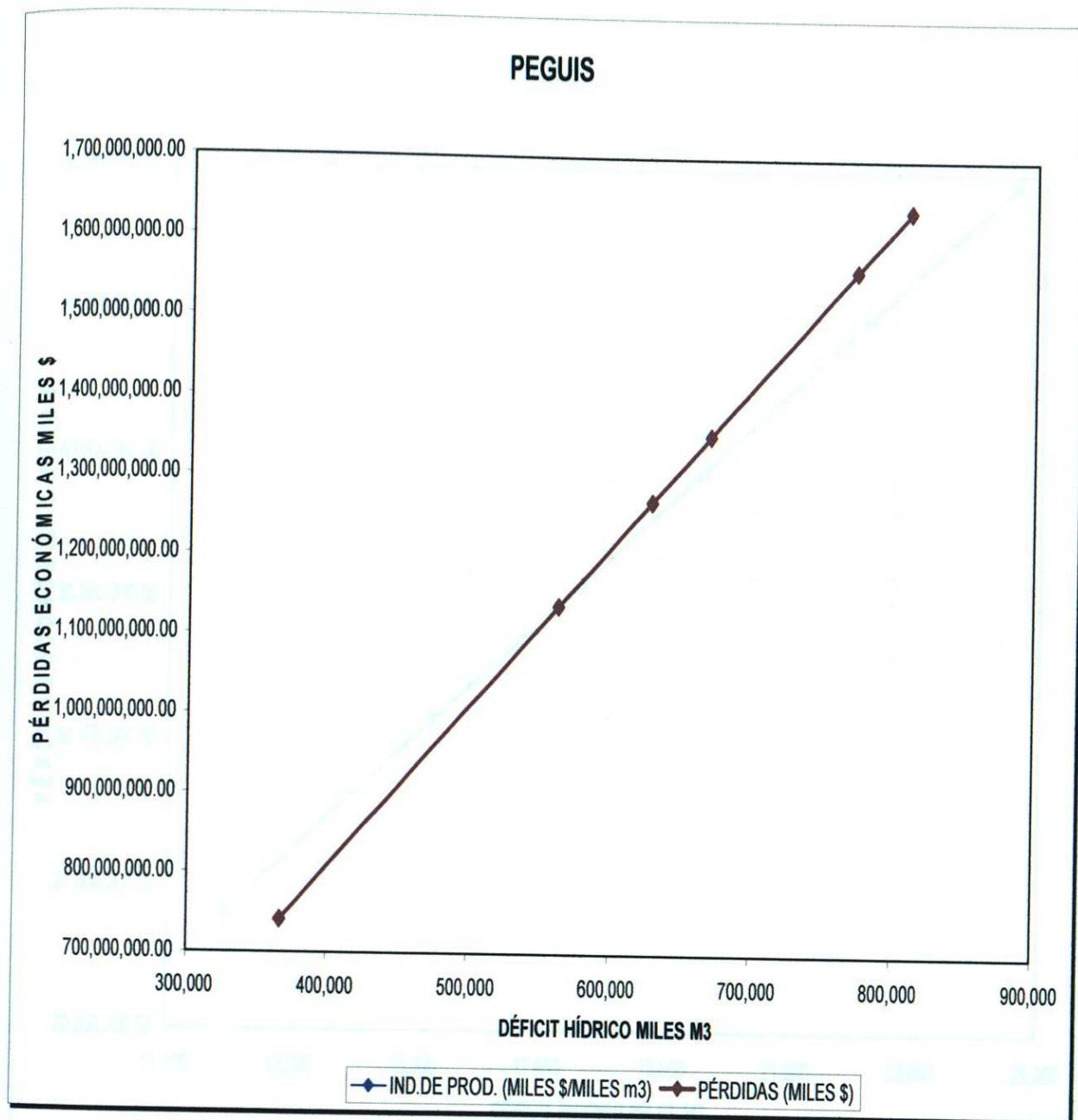


Ilustración 31.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Peguis

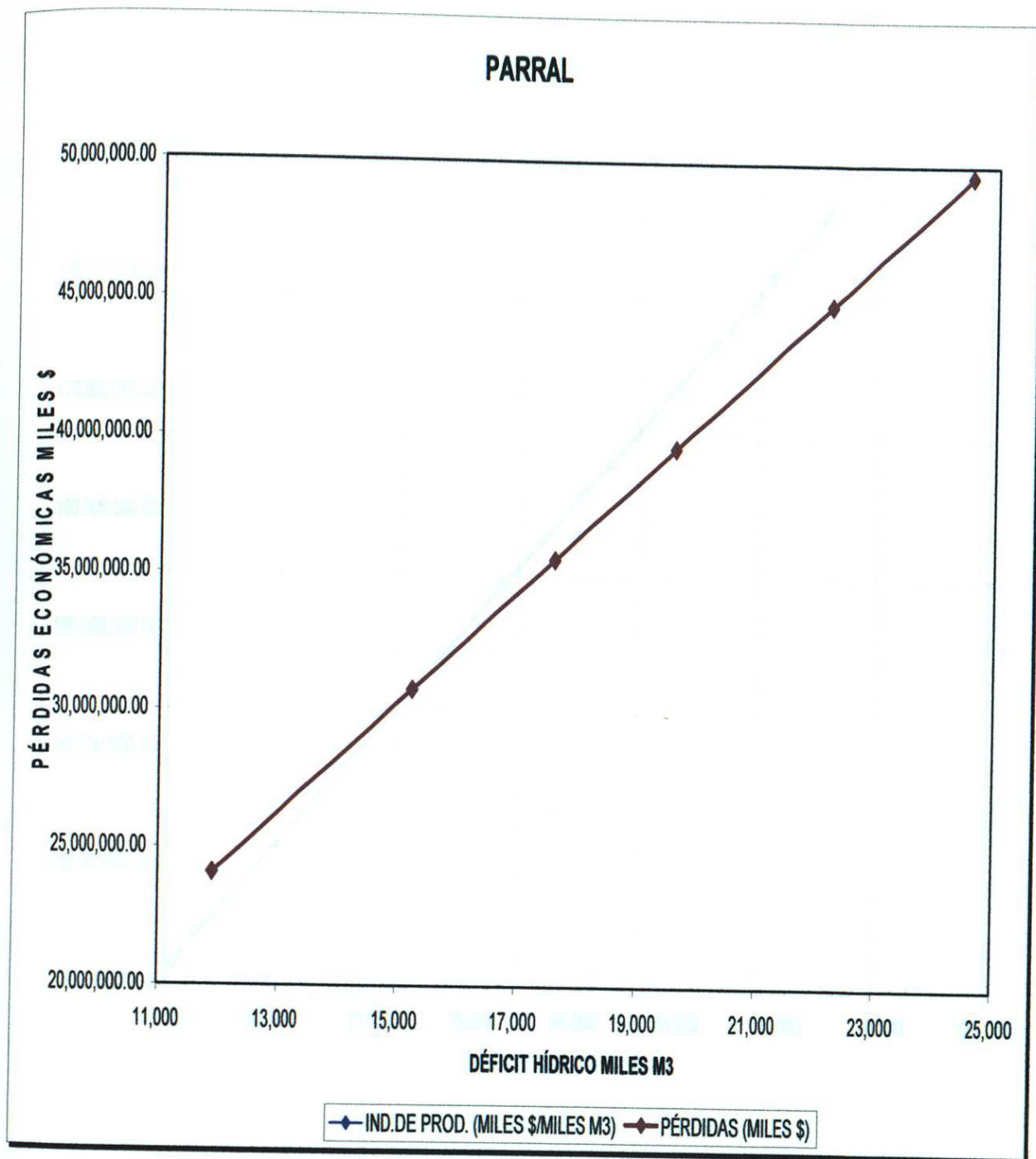


Ilustración 32.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Parral

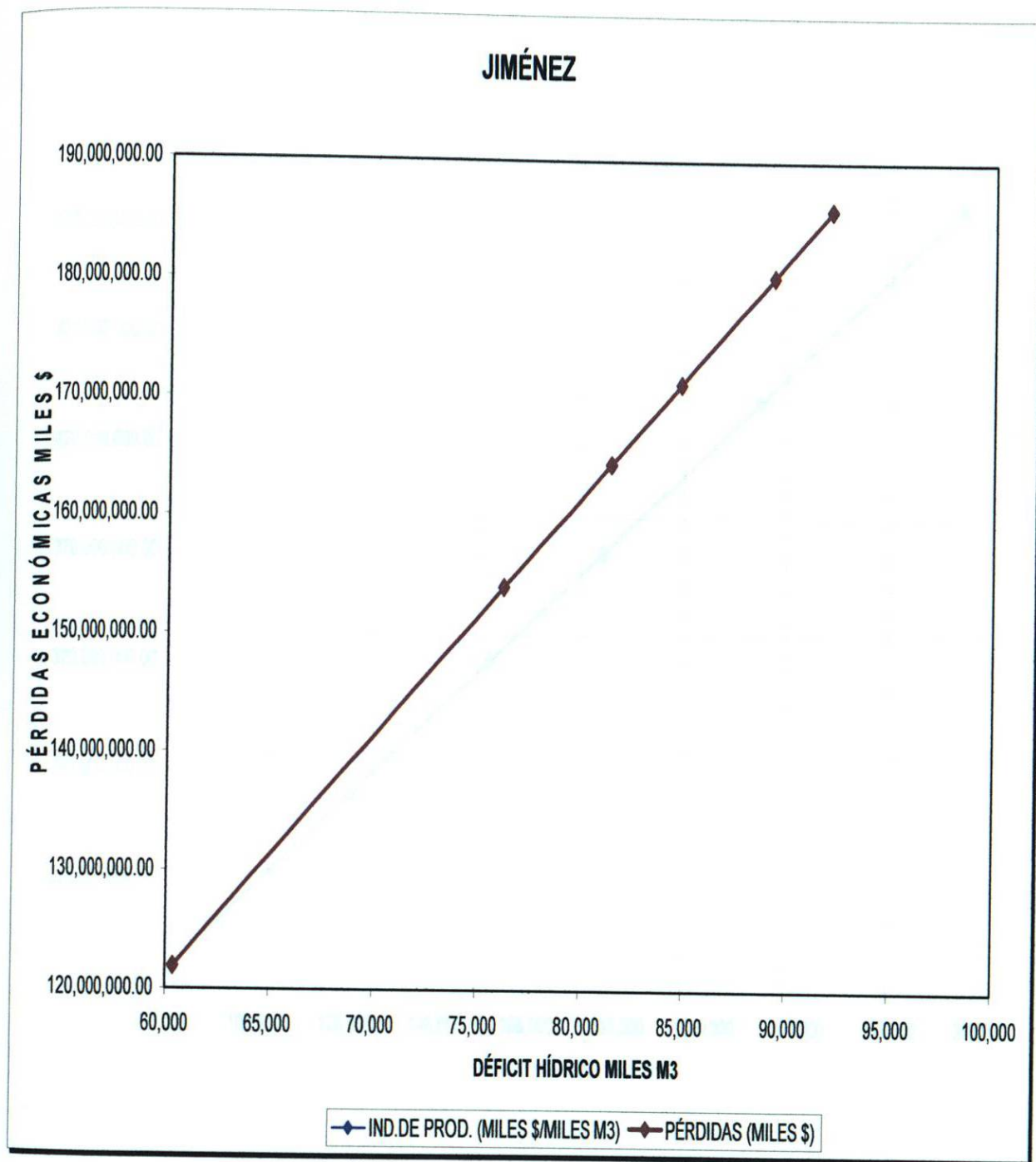


Ilustración 33.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Jiménez

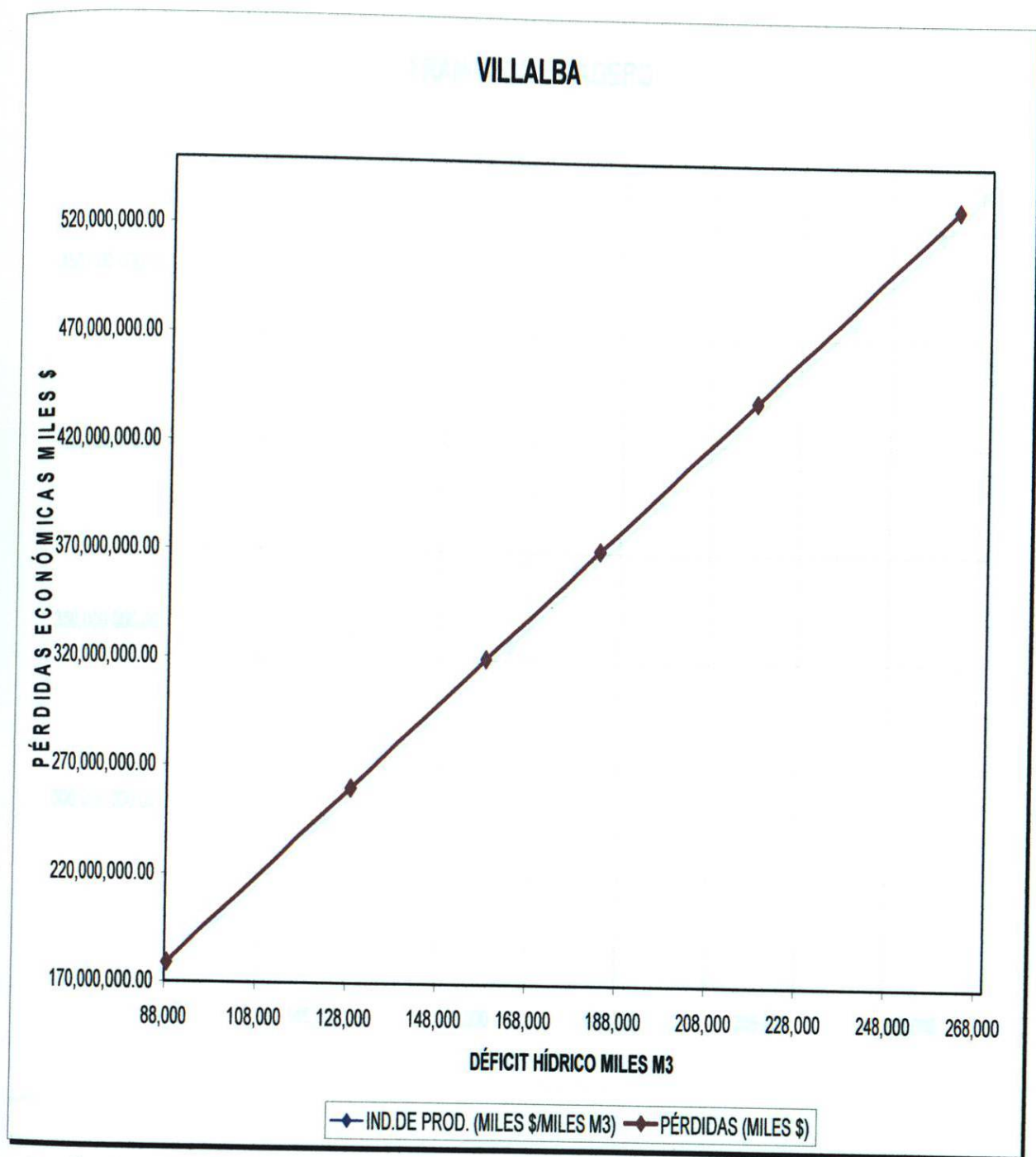


Ilustración 34.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Villalba

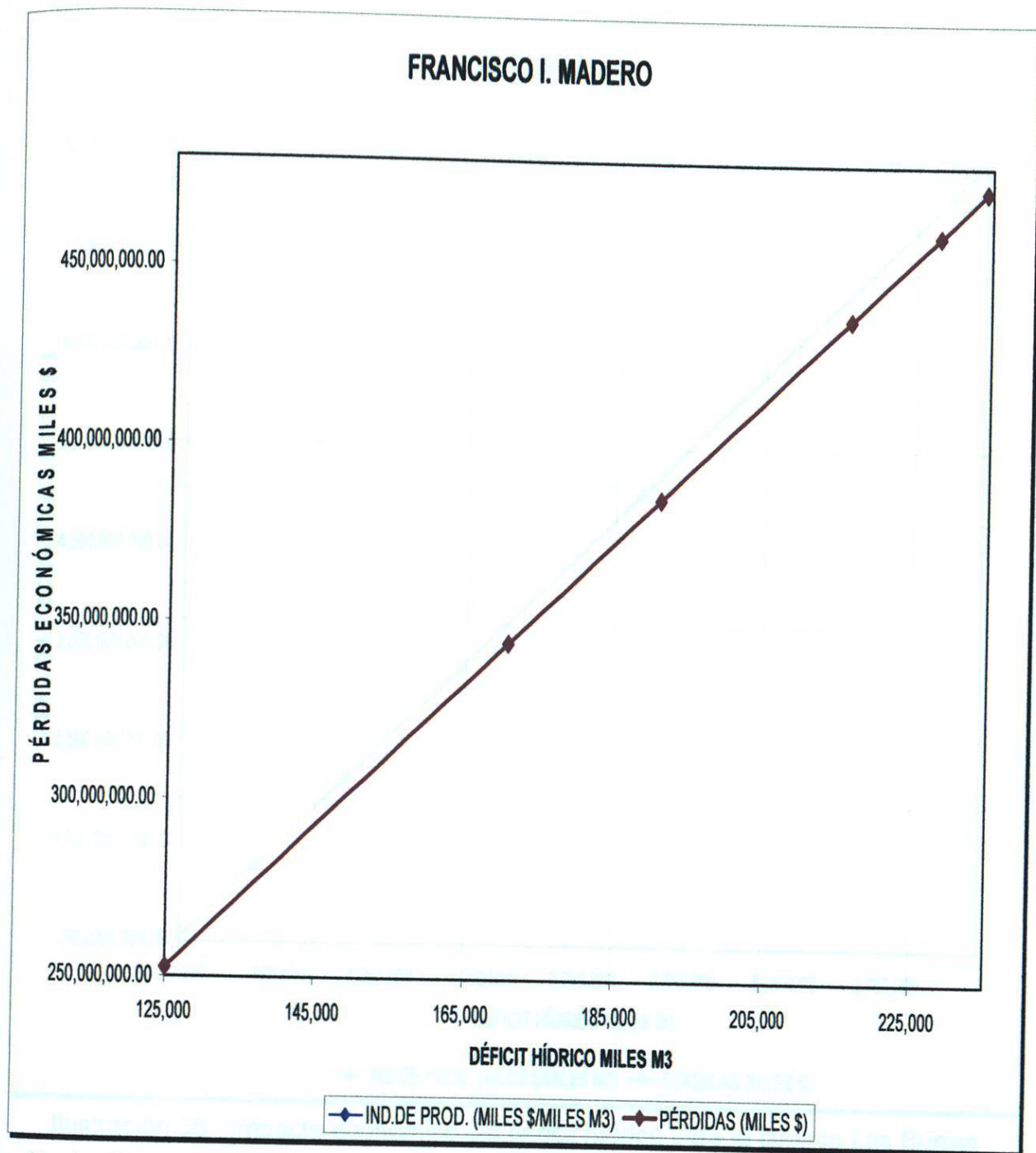


Ilustración 35.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Fco. I. Madero

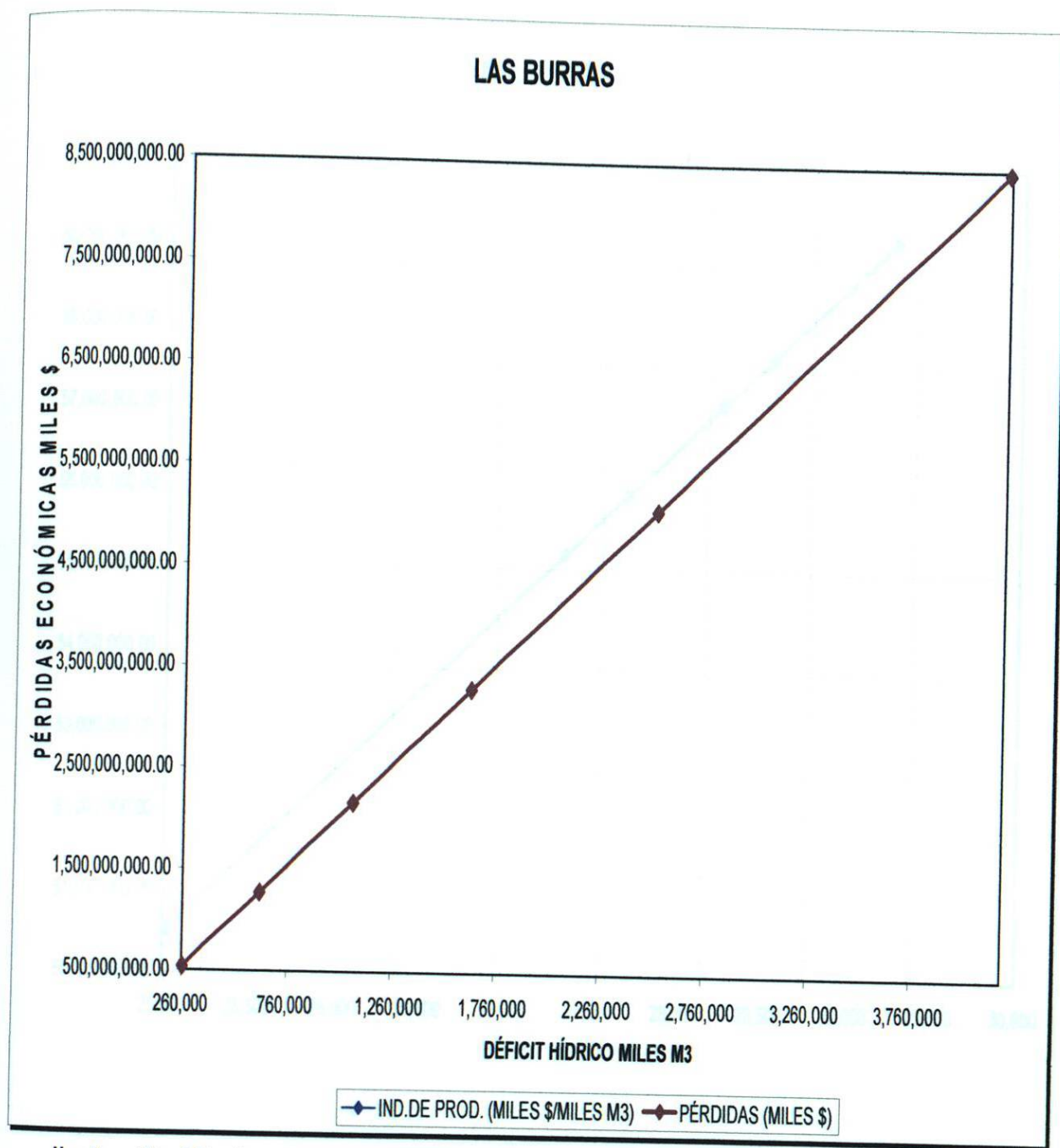


Ilustración 36.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Las Burras

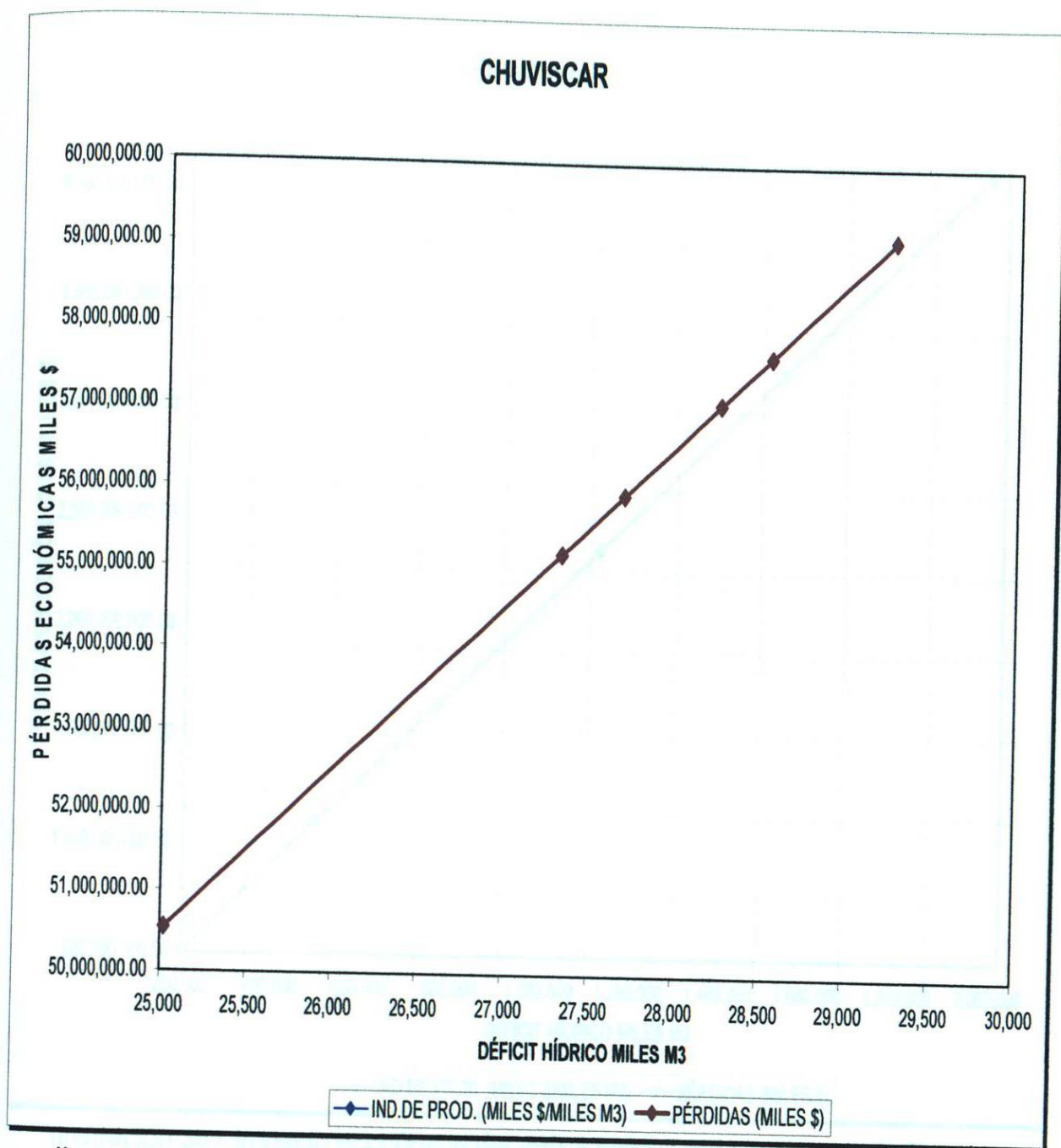


Ilustración 37.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Chuviscar

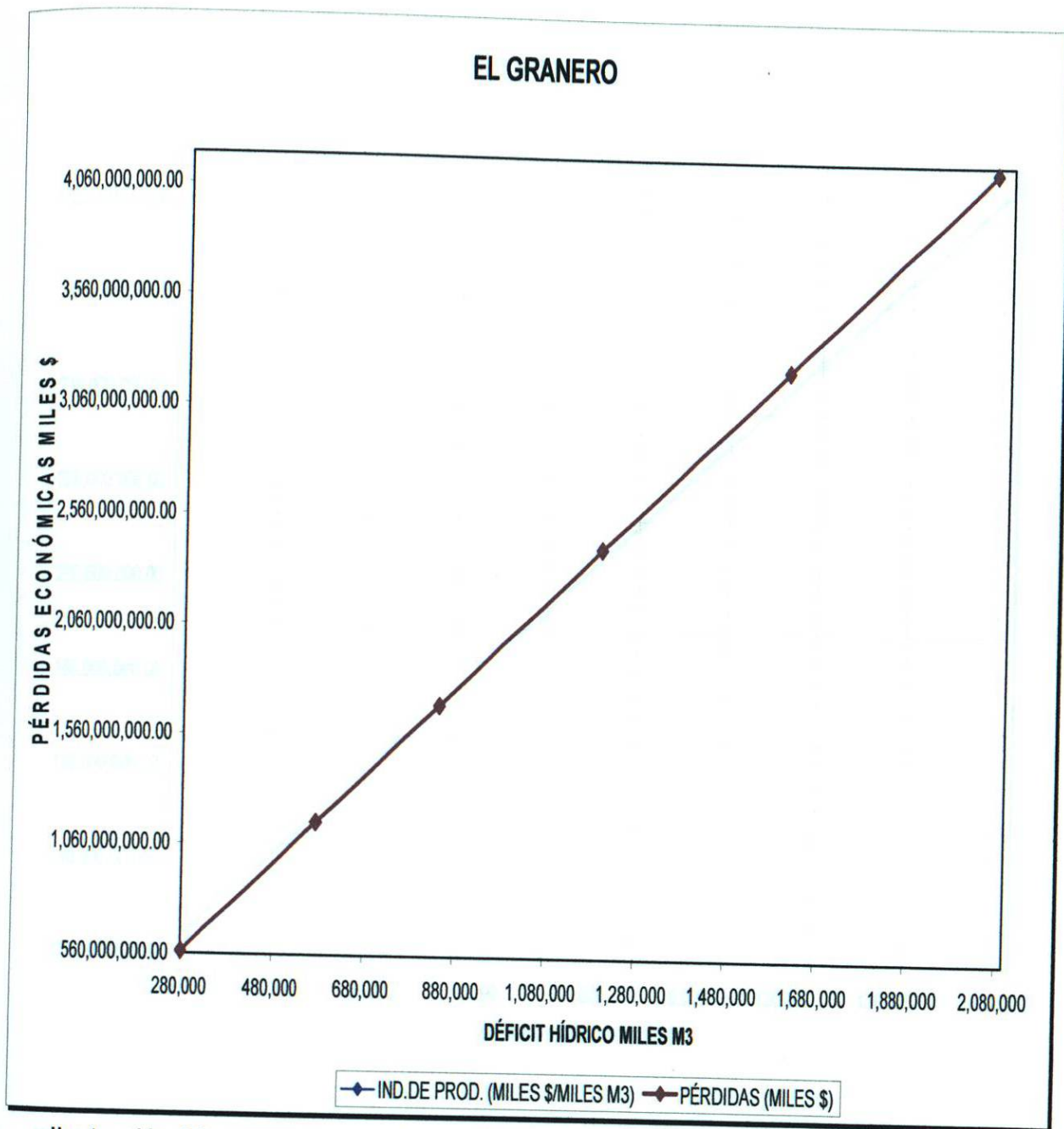


Ilustración 38.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca El Granero

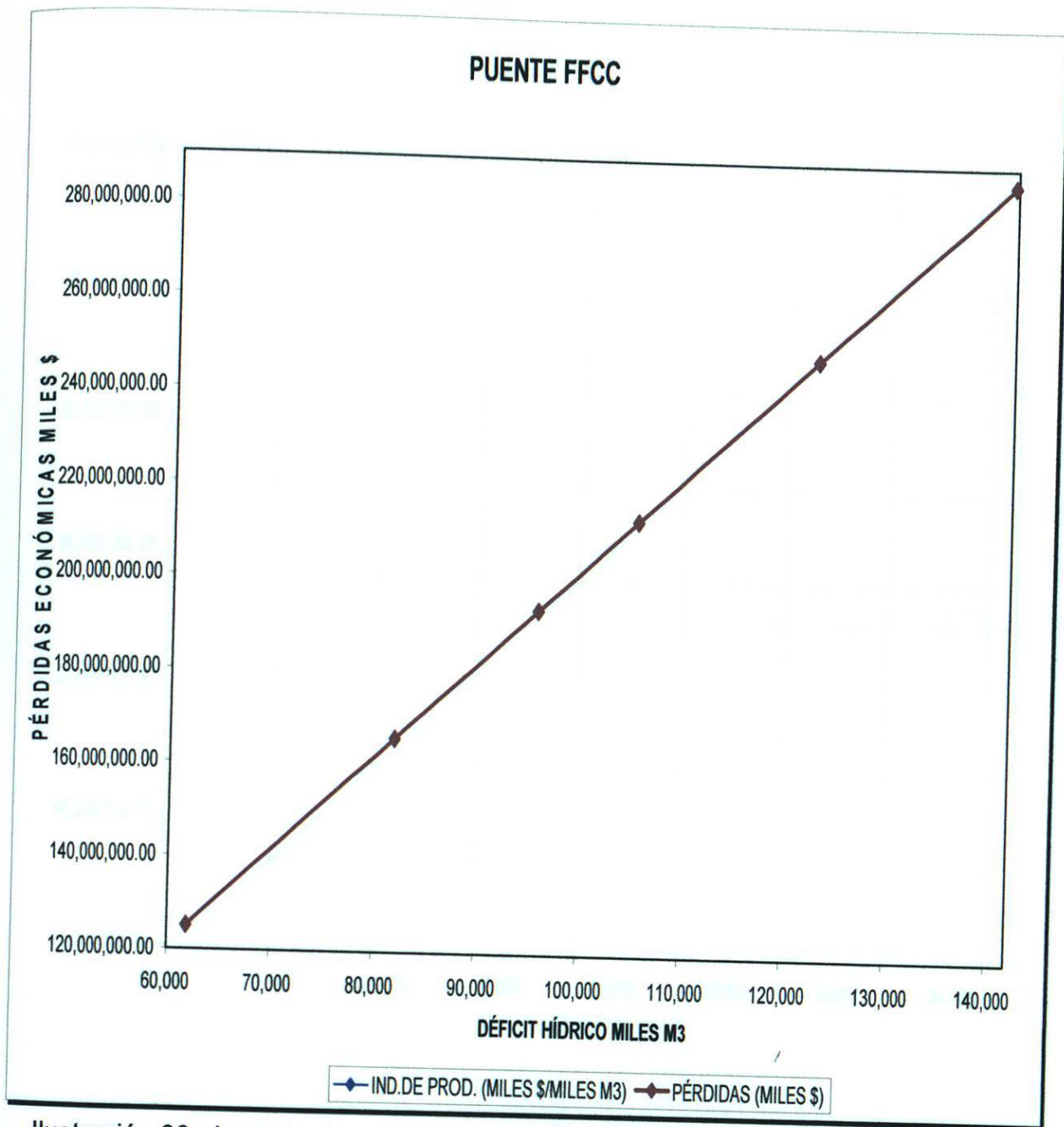


Ilustración 39.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Puente FFCC

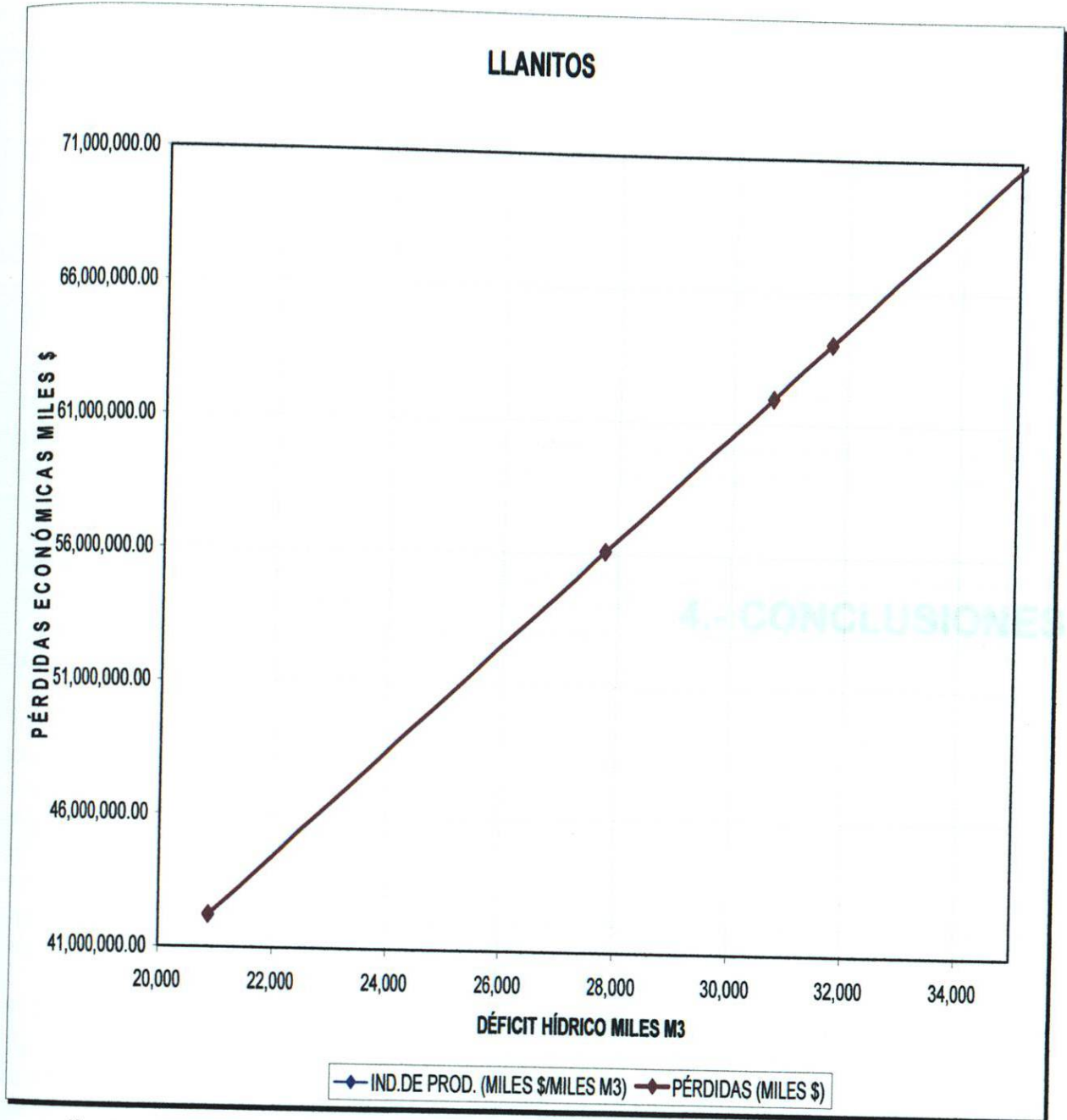


Ilustración 40.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Llanitos

4. CONCLUSIONES

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo humano, por lo que su gestión adecuada es fundamental. En este sentido, la ingeniería ambiental juega un papel crucial en la implementación de estrategias sostenibles que permitan garantizar el acceso equitativo y seguro al agua, así como la protección de los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua para consumo humano y otros usos.

En el contexto de la ingeniería ambiental, se deben considerar los aspectos técnicos, científicos y sociales relacionados con el agua. Esto implica la aplicación de conocimientos en áreas como la hidrología, la química del agua, la microbiología y la gestión de recursos hídricos, así como la participación activa de las comunidades y la toma de decisiones basada en evidencia científica.

Las acciones orientadas a una gestión sostenible del agua deben ser integrales y multidisciplinarias, considerando tanto los aspectos físicos y químicos del agua como los aspectos sociales y económicos. Es necesario implementar estrategias que promuevan la conservación de los recursos hídricos, la eficiencia en el uso del agua y la protección de la calidad del agua, así como la participación activa de las comunidades y la toma de decisiones basada en evidencia científica.

Los estudios de la ingeniería ambiental se centran en comprender y abordar los problemas relacionados con el agua, desde su ciclo natural hasta su uso humano. Esto implica la aplicación de conocimientos en áreas como la hidrología, la química del agua, la microbiología y la gestión de recursos hídricos, así como la participación activa de las comunidades y la toma de decisiones basada en evidencia científica.

4.- CONCLUSIONES

Los estudios de la ingeniería ambiental se centran en comprender y abordar los problemas relacionados con el agua, desde su ciclo natural hasta su uso humano. Esto implica la aplicación de conocimientos en áreas como la hidrología, la química del agua, la microbiología y la gestión de recursos hídricos, así como la participación activa de las comunidades y la toma de decisiones basada en evidencia científica.

El manejo adecuado de aguas pluviales es esencial para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos y la protección del medio ambiente. Esto implica la implementación de estrategias que promuevan la conservación de los recursos hídricos, la eficiencia en el uso del agua y la protección de la calidad del agua, así como la participación activa de las comunidades y la toma de decisiones basada en evidencia científica.

CONCLUSIONES

Entre los mayores desastres naturales, las sequías son especiales en cuanto al periodo de tiempo que existe entre las primeras señales que indican que se está desarrollando una sequía y el momento en el cual la población empieza a sentir un impacto notable en el área afectada. La duración de dicho "periodo de aviso" varía enormemente entre las sociedades.

En muchas sociedades el periodo de aviso puede ser de varios meses, mientras que en otras, tal vez, sólo sea de unas pocas semanas. Cualquiera que sea el periodo de aviso, este tiempo permite preparar una respuesta potencial para mitigar los impactos de la sequía antes de que estos sean demasiado severos.

Las sequías, siempre o casi siempre, producen un impacto directo y notable en la producción de alimentos y en la economía en general. El impacto en una población particular está relacionado con la gravedad y la naturaleza de la sequía, pero igualmente, y a veces mucho más importante, con la naturaleza de la economía y sociedad del área afectada.

Los efectos de la sequía pueden ser sentidos a corto y a largo plazo, afectando no sólo las actividades productivas del campo, como la agricultura y la ganadería, sino también a actividades industriales básicas y al bienestar y la salud de los habitantes de las comunidades rurales y urbanas.

Los efectos de la sequía están relacionados principalmente con la falta de agua, los cuales se ven agravados por otros factores que cuando ocurren asociados con la escasez de humedad hacen más crítica la situación. Entre otros se encuentran los siguientes: altas o bajas temperaturas, vientos huracanados y la incidencia de ciertos patógenos. También es común que, después de periodos secos, se presenten lluvias torrenciales que, ante la degradación de la cubierta vegetal y el descuido y deterioro en los cauces naturales del agua, causen catástrofes que indirectamente pudieran ser atribuidas a la sequía.

El hombre a través de algunas prácticas contribuye a hacer más agudos los impactos de los factores que producen la sequía. Destacan aquellas prácticas que disminuyen la capacidad de retención de humedad del suelo o que propician la erosión, tales como: destrucción de la materia orgánica por medio de quema de rastrojos y el abuso en el uso de la fertilización química, el monocultivo, la quema no controlada de pastizales, el barbecho en épocas de escasa precipitación, el desempiedre en terrenos con pendiente, la agricultura en terrenos inapropiados para ello y, de forma notable, el abuso en el uso del agua en épocas en que se dispone de ella.

Muchos impactos económicos ocurren en la agricultura y sectores relacionados, a causa de la confianza de estos sectores en los suministros de agua superficiales y subterráneos. Además de pérdidas en rendimientos en la producción de cultivos y ganadería, la sequía está asociada con infestaciones de insectos, enfermedades de plantas y erosión del viento. La incidencia de incendios en campos y bosques se incrementa substancialmente durante períodos extensos de sequías, lo que coloca a las poblaciones humanas y silvestres en altos niveles de riesgo.

La pérdida de ingresos es otro indicador usado en la evaluación de los impactos de la sequía. Esto conduce al desempleo, incremento en el riesgo de créditos para instituciones financieras, carencia de capitales, y eventual pérdida de ingreso de impuestos para los gobiernos.

Los precios de los alimentos, la energía, y otros productos se incrementan, conforme los suministros se reducen. El suministro reducido de agua imposibilita la navegabilidad de ríos y conlleva al incremento de costos de transporte, ya que los productos deben ser transportados por medios alternativos. La producción hidroeléctrica puede también verse significativamente afectada.

Podemos resumir los efectos económicos de la sequía en los siguientes:

1. Costes y pérdidas agrícolas

- Pérdidas de cosechas anuales y perennes
- Daño a la calidad de las cosechas
- Pérdida de ingresos para los agricultores debido a la reducción de las cosechas
- Productividad reducida de las tierras de cultivo (erosión del viento, pérdida de materia orgánica, etc.)
- Plagas de insectos
- Enfermedades de las plantas
- Daño de la fauna salvaje a las cosechas
- Incremento en los costes de irrigación
- Costes del desarrollo de los recursos hídricos nuevos o suplementarios

2. Costes y pérdidas de los ganaderos

- Productividad reducida de las dehesas
- Disminución de la producción de leche
- Reducción forzada del ganado
- Limitación o cierre de las tierras públicas para el pastoreo
- Coste elevado o no disponibilidad de agua para la ganadería
- Coste del desarrollo de los recursos hídricos nuevos o suplementarios
- Coste elevado o no disponibilidad de comida para el ganado
- Aumento de los costes del transporte de los alimentos
- Tasas elevadas de mortalidad del ganado
- Interrupción de los ciclos de reproducción

3. Pérdida de la producción de madera

- Incendios forestales
- Enfermedades de los árboles
- Plagas de insectos
- Disminución de la productividad forestal
- Pérdida directa de árboles, especialmente jóvenes

4. Pérdida de la producción pesquera

- Daño al hábitat de los peces
- Pérdida de peces y otros organismos acuáticos debido a la disminución de los flujos de agua

5. Efectos económicos generales

- Disminución del precio de las tierras
- Pérdida de las industrias directamente relacionadas con la producción agrícola
- Desempleo por disminución de la producción debido a la sequía
- Tensión sobre las instituciones financieras
- Pérdida de ingresos de los gobiernos
- Reducción del desarrollo económico
- Pérdida de la población rural

6. Pérdida de la industria del turismo y del ocio

7. Efectos relacionados con la energía

- Aumento de la demanda de energía y suministro disminuido debido a las restricciones de energía relacionadas con la sequía
- Mayores costes asociados a la sustitución por combustibles más caros

8. Suministradores de agua

- Coste del transporte de agua
- Coste del desarrollo de recursos hídricos suplementarios o nuevos

9. Industria del transporte

- Pérdida de la navegabilidad de ríos, arroyos y canales

10. Disminución de la producción de alimentos/suministro de alimentos interrumpido

- Aumento en los precios de los alimentos
- Importación incrementada de alimentos (costes mayores)

Este estudio presentó un análisis a fondo en lo que se refiere a materia agrícola, pero como podemos ver, existen muchos otros impactos de índole económico que se manifiestan alarmantemente durante una sequía, por lo que es de vital importancia desarrollar modelos que nos permitan su predicción.

5.- CONSULTAS

REFERENCIAS

Aparicio Aguilar, Francisco Javier. 1999. *Fundamentos de Hidrología de superficie*. LIMUSA, México. Editorial. Df. México.

Asociación G- Hidrología de Cueros Unidos. Chihuahua, 2001. *Transferencias de aguas entre cueros de riego*. Df. México.

Ba, K. M.; Guerra-Cabrán, V. H.; Pantoja-Cárdenas, A. G.; Díaz-Delella, C.; Quenlin, Francis Peter. R. 2005. *Implementación y validación de un modelo hidrológico distribuido en la cuenca del Río Conchos*. Chih. UAEM 1971/2004. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

Campo Aranda, Daniel Francisco. 1998. *Análisis de distribución de probabilidades*. Cuernu Mido. Inclusiones y aplicaciones. X Congreso Nacional de Hidrología. Morelia, Michoacán, México.

Campo Aranda, Daniel Francisco. 1998. *Procesos de ciles hidrológicos*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, S. L. P., México.

5.- CONSULTAS

Campo Aranda, Daniel Francisco. 2002. *Introducción a los métodos numéricos, software en Basic y aplicaciones en hidrología superficial*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, S. L. P., México.

Comisión Nacional del Agua. 1995. *Relación de paises con responsabilidad perforadas*. Gubernio Estatal Chihuahua. Distrito de Riego 055 Delicias. Chihuahua, México.

Comisión Nacional del Agua. 1997. *Programa hidrológico de Gran Visión del Estado de Chihuahua 1998 – 2020*. Subdirección General de Programación, Gubernio Regional Noria, Gubernio Estatal, Chihuahua, México.

Comisión Nacional del Agua. 2001. *Comisión de Cueros del Río Conchos, diagnóstico versión 1.0*. Gubernio Estatal Chihuahua. Chihuahua, México.

Comisión Nacional del Agua. 2001. *Programa Nacional Hidrológico 2001 – 2006*. Gubernio Estatal Chihuahua. Chihuahua, México.

Comisión Nacional del Agua. 2001. *Superficie Riego sembrada*. Gubernio Estatal Chihuahua. Distrito de Riego 055 Delicias. Delicias, México.

Fondo Instituto con Relación a la Agricultura (FIRA) – Gubernio de México. 1998. *Plan pñia de planeación estratégica*. Dirección regional del norte. Residencia estatal de Chihuahua. Agencia Delicias. Delicias, México.

5.1.- REFERENCIAS LITERARIAS

- Aparicio Mijares, Francisco Javier. 1999. *Fundamentos de hidrología de superficie*. LIMUSA Noriega Editores. Distrito Federal, México.
- Asociación de Sociedades de Usuarios Unidad Conchos. 2001. *Transferencias de aguas entre módulos de riego*. Delicias. México.
- Bâ, K. M.; Guerra-Cobián, V. H.; Pérez-Cámara, A. G.; Díaz-Delgado, C.; Quentin, Franco-Plata, R. 2005. *Implementación y calibración de un modelo hidrológico distribuido en la cuenca del Río Conchos*. Clave: UAEM 1971/2004. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Campos Aranda, Daniel Francisco. 1988. *Función de distribución de probabilidades Gamma Mixta: soluciones y aplicación*. X Congreso Nacional de Hidráulica. Morelia, Michoacán, México.
- Campos Aranda, Daniel Francisco. 1998. *Procesos de ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, S. L. P., México.
- Campos Aranda, Daniel Francisco. 2003. *Introducción a los métodos numéricos, software en Basic y aplicaciones en hidrología superficial*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, S. L. P., México.
- Comisión Nacional del Agua. 1995. *Relación de pozos con temporalidad perforados*. Gerencia Estatal Chihuahua, Distrito de Riego 005 Delicias. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 1997. *Programa hidráulico de Gran Visión del Estado de Chihuahua 1996 – 2020*. Subdirección General de Programación, Gerencia Regional Norte, Gerencia Estatal. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Comisión de Cuenca del Río Conchos, diagnóstico versión 1.0*. Gerencia Estatal Chihuahua. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Programa Nacional Hidráulico 2001 – 2006*. Gerencia Estatal Chihuahua. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Superficie física sembrada*. Gerencia Estatal Chihuahua, Distrito de Riego 005 Delicias. Delicias, México.
- Fondos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA) – Banco de México. 1999. *Plan piloto de planeación estratégica*. Dirección regional del norte, Residencia estatal de Chihuahua, Agencia Delicias. Delicias, México.

- Jiménez González, Gerardo. 2001. *El Valle de la Delicias en la cuenca del Río Conchos*. Expoagro Delicias 2001, en colaboración con el Texas Center for Policy Studies. Delicias, México.
- Jiménez González, Gerardo. 2002. *Uso agrícola del agua en la cuenca del Río Conchos*, en colaboración con el Texas Center for Policy Studies. Conferencia Redescubriendo la Cuenca del Río Conchos. Chihuahua, México.
- Jiménez González, Gerardo. 2004. *El Valle de Ojinaga: en la junta del Bajo Conchos y el Bravo*, en colaboración con Environmental Defense. Unidad Regional Universitaria de zonas áridas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- Kelly, Mary E. 2001. *El Río Conchos: un informe preliminar*. Texas Center for Policy Studies. Austin, Texas, E. U.
- Módulo de Riego 4. 2001. *Convenios de cesión temporal de derechos y convenios de arrendamiento privado*. Delicias, Chihuahua, México.
- Rocha, Fernando. 2005. *Manejo integral de la cuenca del Río Conchos*. Grupo Interinstitucional de Trabajo. Chihuahua, México
- Schemelkes del Valle, Corina. 1998. *Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis), segunda edición*. Oxford University Press. Distrito Federal, México.
- Velasco Velasco, Israel. 1996. *El fenómeno de la sequía, memoria de diálogo entre los productores agropecuarios, el gobierno y la sociedad civil ante la sequía*. Editorial Frente Democrático Campesino de Chihuahua/DECA, Equipo Pueblo, A. C. Chihuahua, México.
- Velasco Velasco, Israel; Collado, Jaime. 1998. *Causas, efectos y maneras de afrontar las sequías*. Revista Tláloc – Asociación Mexicana de Hidráulica. Año 5, Número 12. México.
- Velasco Velasco, Israel. 2001. *Índice de sequía meteorológica en la cuenca alta del Río Conchos*. Artículo: ANEI-S50108, XI Congreso Nacional de Irrigación, Simposio 5, Manejo integral de cuencas. Guanajuato, México.
- Wagner Gómez, Ana I.; Echeverría Vaquero, Jesús. 2001. *Modelo dinámico para el análisis de escenarios prospectivos en la cuenca del Río Conchos*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.

5.2.- PORTALES DE INTERNET

- “Cálculo de frecuencias por el método Log Pearson III”. (Hoja de cálculo). 2008
<http://ponce.sdsu.edu/enlineapearson.php>
- “Centro de Investigación sobre sequía”. (Sitio web). 2008.
<http://www.sequia.edu.mx>
- “Comisión Nacional del Agua – CONAGUA”. (Sitio web). 2008
<http://www.cna.gob.mx>
- “Indicadores de sequía”. (Documento PDF). 2008.
<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medio-ambiente/contenido/tema-10/INDICADORES%20DE%20SEQUIA.pdf>
- “Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – IMTA”. (2008).
<http://www.imta.gob.mx>
- “Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática – INEGI”. (Sitio web). 2008
<http://www.inegi.gob.mx>
- “Monitoreo de la sequía en Chihuahua mediante un sistema de información geográfica (GIS)”. (Documento web). 2008.
<http://www.monografias.com/trabajos33/sequia-chihuahua/sequi-chihuahua.shtml>
- “Portal gubernamental del gobierno del Estado de Chihuahua”. (Sitio web). 2008
<http://www.chihuahua.gob.mx>
- “Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT”. (Sitio web). 2008
<http://semarnat.gob.mx>
- “Sequías en México: un breve esbozo”. (Documento web). 2008.
<http://www.teorema.com.mx/articulos.php>
- “Tecnociencia: Sequía”. (Texto). 2008.
<http://www.tecnociencia.es/especiales/sequia/mundo.htm>
- “Wikipedia, la enciclopedia libre”. (Documento web). Chihuahua. 2008
<http://es.wikipedia.org/wiki/chihuahua>
- “Wikipedia, la enciclopedia libre”. (Documento web). Sequía. 2008
<http://es.wikipedia.org/wiki/sequ%C3%ADa>

5.3.- IMÁGENES DIGITALES

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-7. Buenaventura; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-8. Ojinaga; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-10. Chihuahua; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-11. Ciudad Delicias; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-1. San Juanito; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-2. Ciudad Camargo; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-4. Guachochi; Chihuahua, Sinaloa y Durango.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-5. Hidalgo del Parral; Durango y Chihuahua.

ANEXO A: **Cálculos de las características fisiográficas de las cuencas**

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PEGUIS"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$\begin{aligned} A &:= 67128 & P &:= 1984 \\ LCP &:= 870.862 & LC &:= 434 \end{aligned}$$

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad Cc = 2.159$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.674$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 4 & & & M &= 4 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$\begin{aligned} NC &:= 20 & x &:= 0..(M-1) & y &:= 0..(N-1) & c &:= 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH \end{aligned}$$

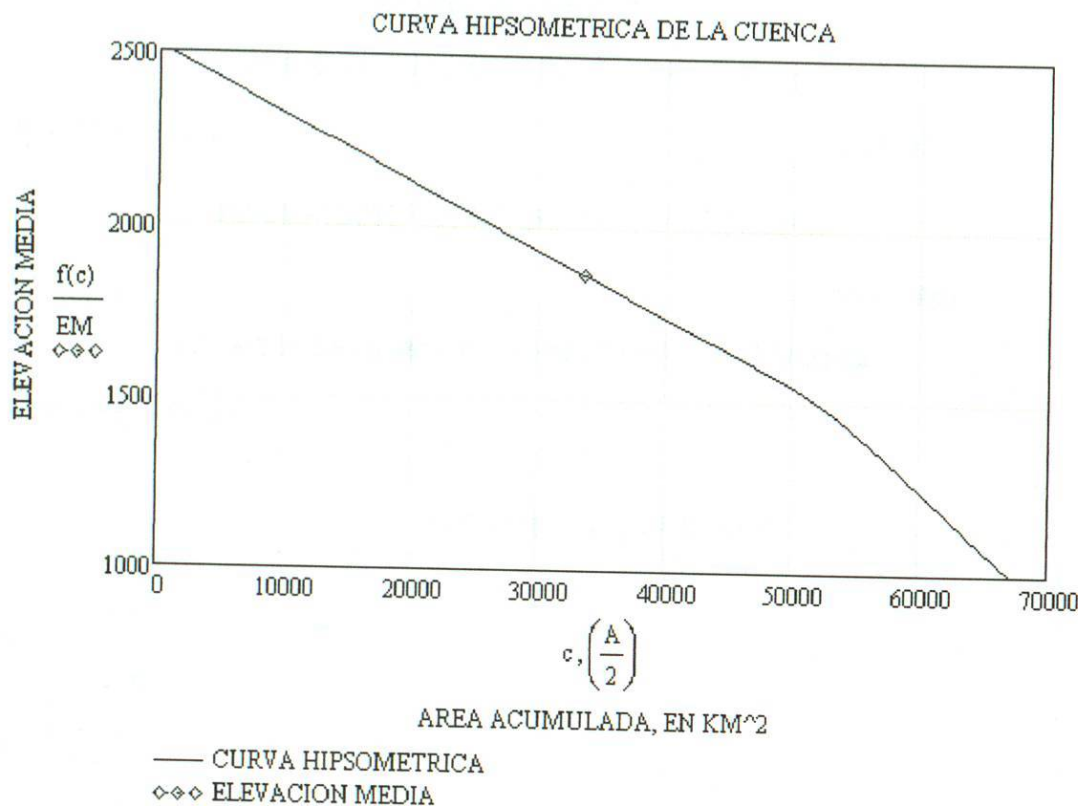
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 1862.675$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, S_c EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 3279$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.442$$

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL

ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$ $M := \text{length}(XP)$ $T := 0 \dots (M - 1)$
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$ $LCP := XP_{(M-1)}$ $M = 6$

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

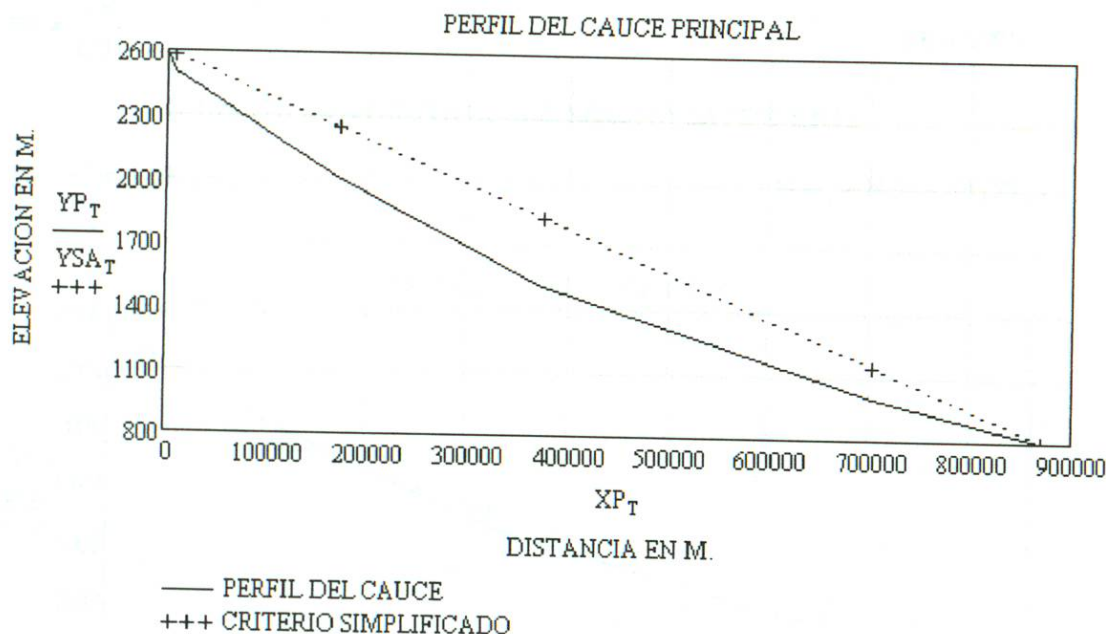
$H := YP_0 - YP_{M-1}$ $H = 1800$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$ $SA = 0.0021$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$e := 0..(M-1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{interp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 1306706637.018$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 610017037.018$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 1400.95$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

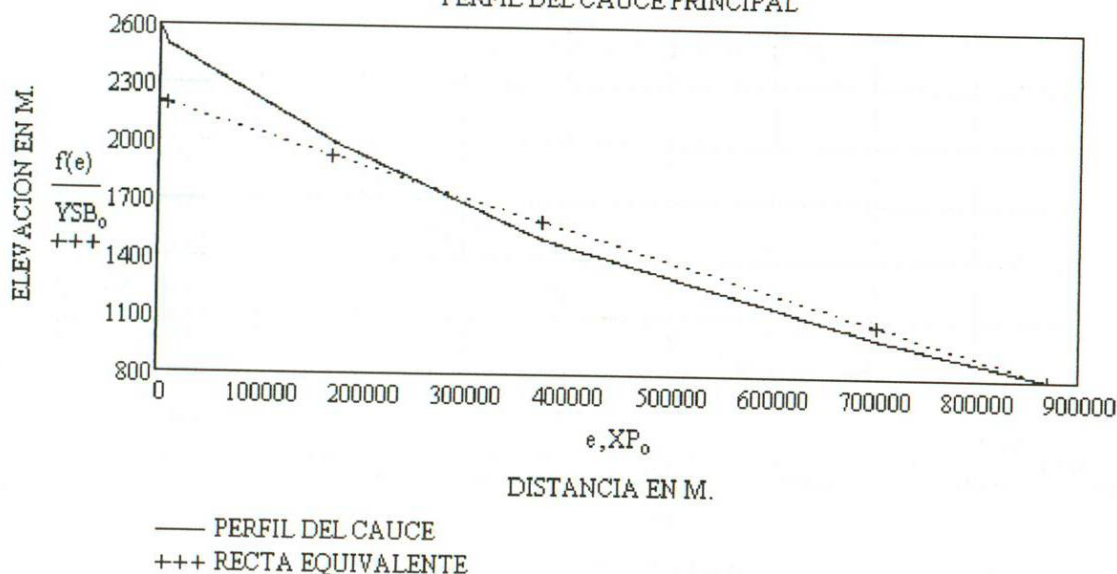
$$SB = 0.0016$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_0 := HSB - SB \cdot XP_0$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$a := 0 \quad b := \frac{LCP}{9} \quad c := \frac{LCP}{9} \cdot 2 \quad d := \frac{LCP}{9} \cdot 3 \quad e := \frac{LCP}{9} \cdot 4 \quad f := \frac{LCP}{9} \cdot 5 \quad g := \frac{LCP}{9} \cdot 6$$

$$h := \frac{LCP}{9} \cdot 7 \quad i := \frac{LCP}{9} \cdot 8 \quad j := \frac{LCP}{9} \cdot 9$$

$$T0 := \text{interp}(XP, YP, a) \quad T1 := \text{interp}(XP, YP, b) \quad T2 := \text{interp}(XP, YP, c) \quad T3 := \text{interp}(XP, YP, d)$$

$$T4 := \text{interp}(XP, YP, e) \quad T5 := \text{interp}(XP, YP, f) \quad T6 := \text{interp}(XP, YP, g) \quad T7 := \text{interp}(XP, YP, h)$$

$$T8 := \text{interp}(XP, YP, i) \quad T9 := \text{interp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T0 - T1 \quad S_1 := T1 - T2 \quad S_2 := T2 - T3 \quad S_3 := T3 - T4 \quad S_4 := T4 - T5$$

$$S_5 := T5 - T6 \quad S_6 := T6 - T7 \quad S_7 := T7 - T8 \quad S_8 := T8 - T9$$

$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)}$$

$$ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}}$$

$$STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

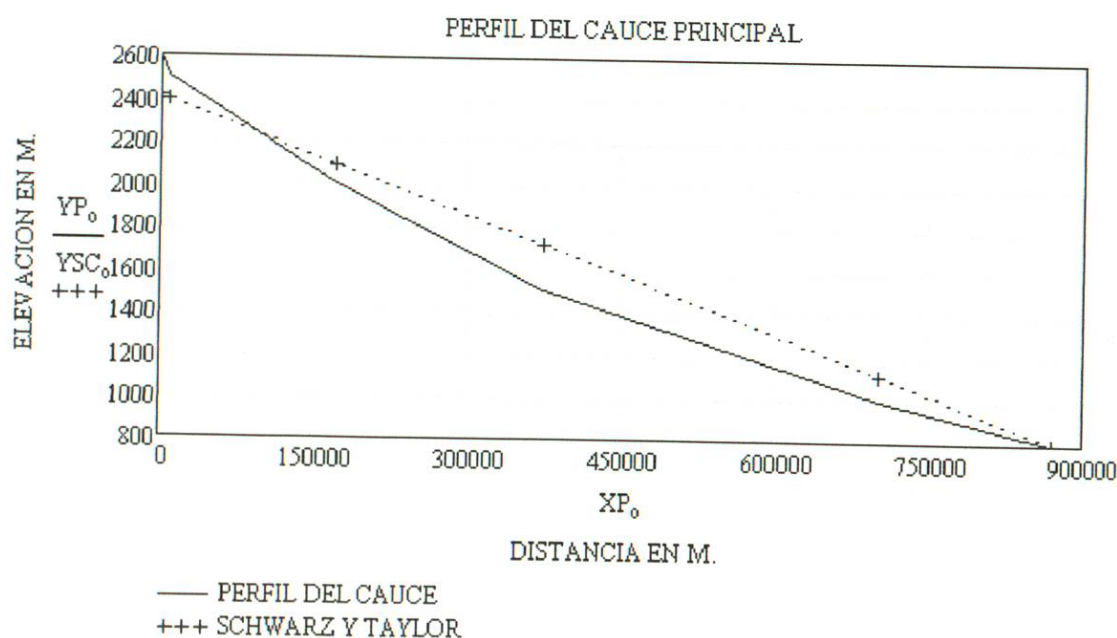
$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2$$

$$SC = 0.0019$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP)$$

$$YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2500
2000
1500
1000

XC_x =

989
26433
52397
67128

XP_o =

0
7591
1.703·10 ⁵
3.756·10 ⁵
7.034·10 ⁵
8.709·10 ⁵

YP_o =

2600
2500
2000
1500
1000
800

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PARRAL"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$A := 333$$

$$P := 90$$

$$LCP := 31$$

$$LC := 29$$

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}}$$

$$Cc = 1.391$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC}$$

$$Re = 0.71$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$N := \text{length}(XC) \quad LCH := XC_{(N-1)}$$

$$M := \text{length}(YC)$$

$$N = 2$$

$$M = 2$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS
DE AJUSTE DE LA CURVA

$$NC := 20 \quad x := 0..(M-1) \quad y := 0..(N-1)$$

$$c := 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

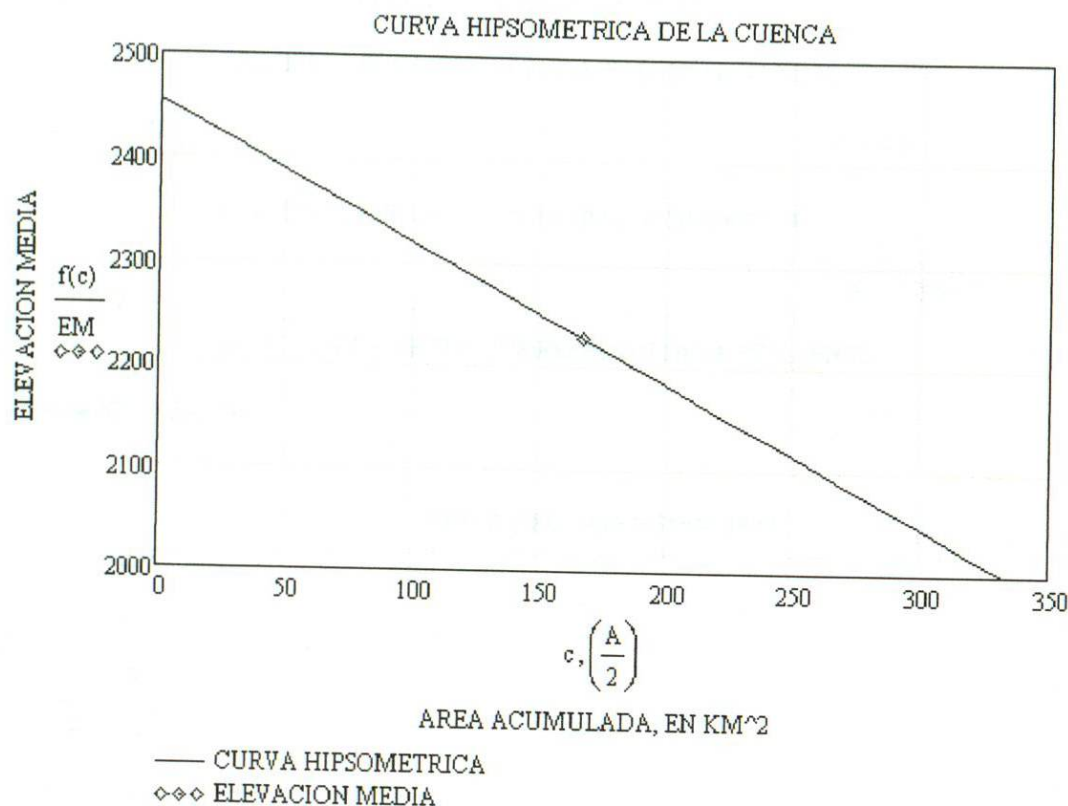
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2228.082$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, S_c EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 73$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 10.961$$

CARACTERISTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$ $M := \text{length}(XP)$ $T := 0..(M - 1)$
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVVP.pm"})$ $LCP := XP_{(M-1)}$ $M = 3$

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

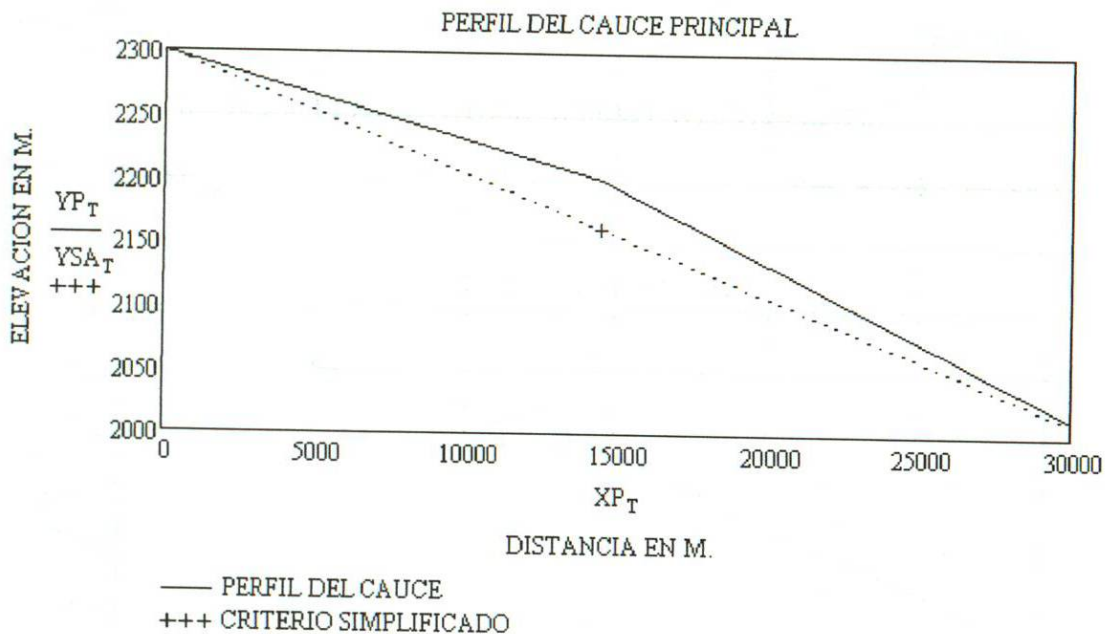
$H := YP_0 - YP_{M-1}$ $H = 300$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$ $SA = 0.0096$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 67655097.692$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 5347097.692$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 343.269$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

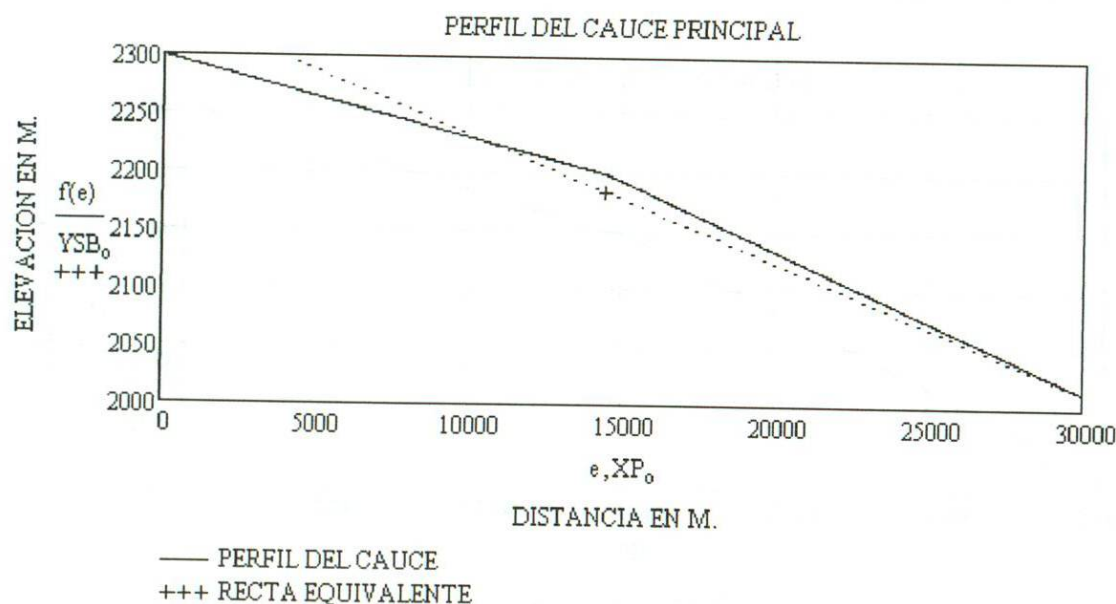
$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

$$SB = 0.011$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{interp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{interp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{interp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{interp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{interp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{interp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{interp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{interp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{interp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{interp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

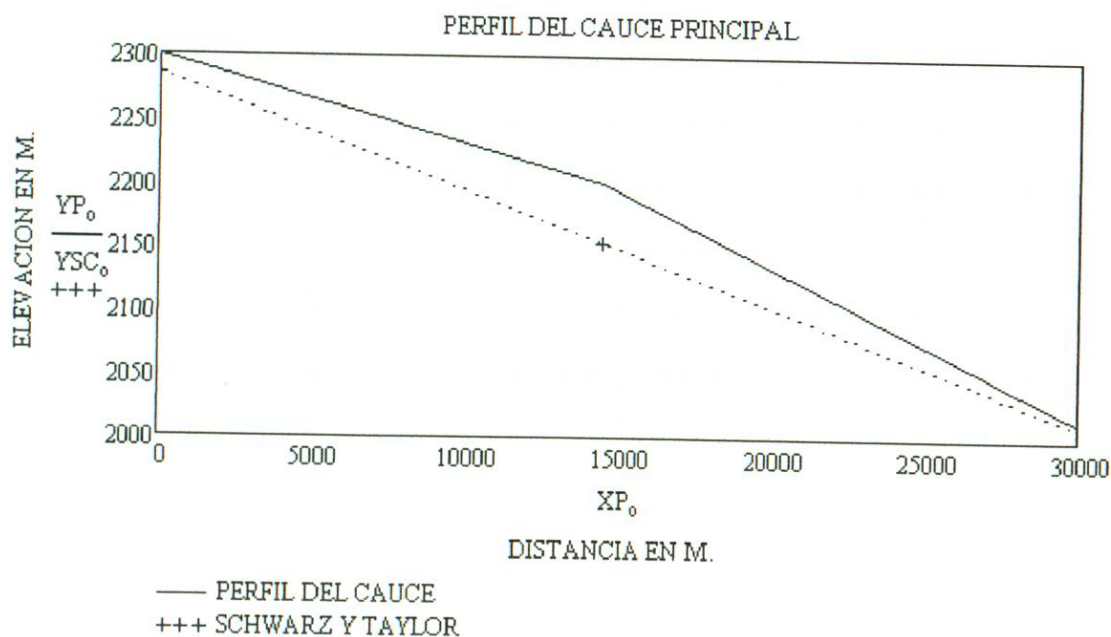
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT} \cdot Z} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0091$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2100
2000

XC_x =

260
333

XP_o =

0
14431
31154

YP_o =

2300
2200
2000

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "JIMÉNEZ"

DATOS DE DISEÑO

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

A := 7770 P := 486
LCP := 214 LC := 136

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad Cc = 1.555$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.731$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

N := length(XC) LCH := XC_(N-1) M := length(YC)
N = 3 M = 3

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS
DE AJUSTE DE LA CURVA

NC := 20 x := 0..(M-1) y := 0..(N-1) c := 0, $\left(\frac{LCH}{NC}\right) \dots LCH$

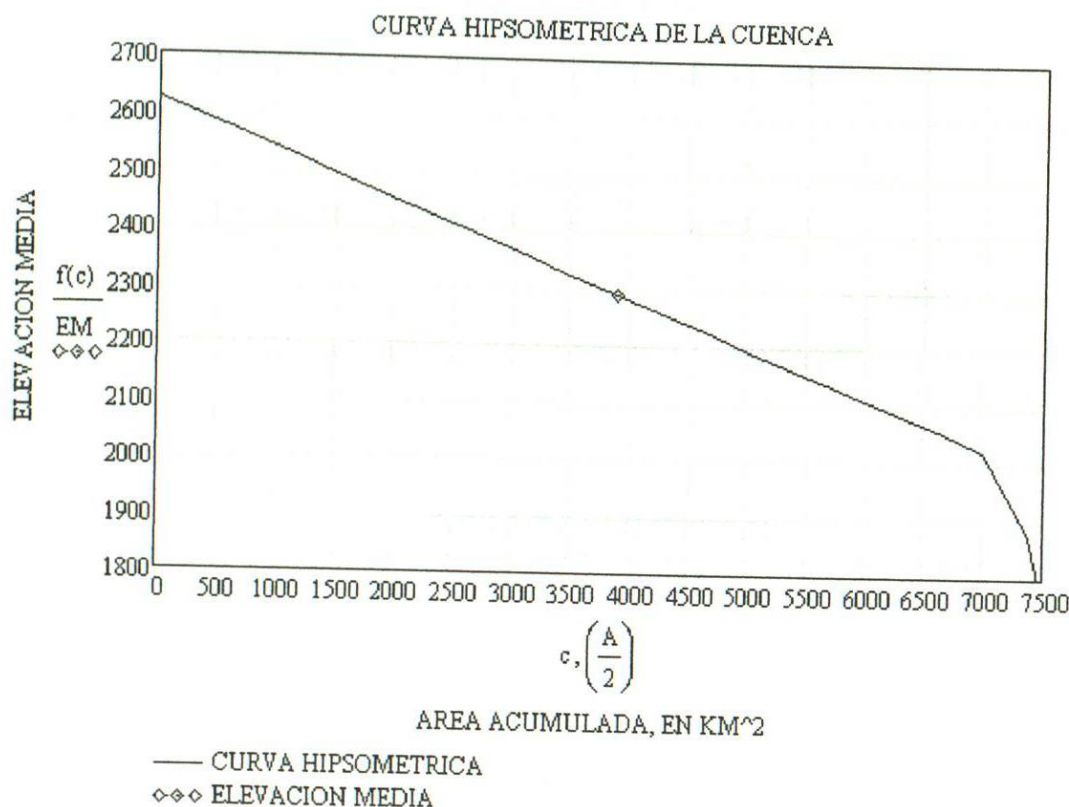
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSONOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2290.331$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, Sc EN (°):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 245$$

$$Sc := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$Sc = 1.577$$

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST.pm") M := length(XP) T := 0 .. (M - 1)
YP := READPRN("ELEVPM.pm") LCP := XP(M-1) M = 5

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

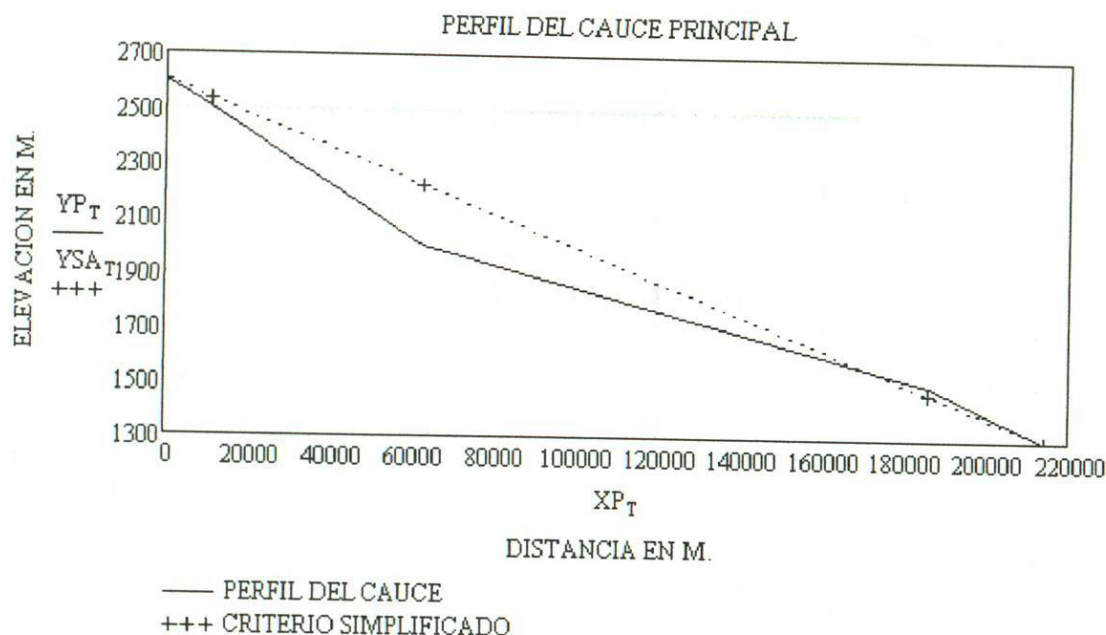
H := YP₀ - YP_{M-1} H = 1300

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

SA := $\frac{H}{LCP}$ SA = 0.0061

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

YSA := YP₀ - SA · XP



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{interp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 399766187.136$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 121427087.136$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 1134.265$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

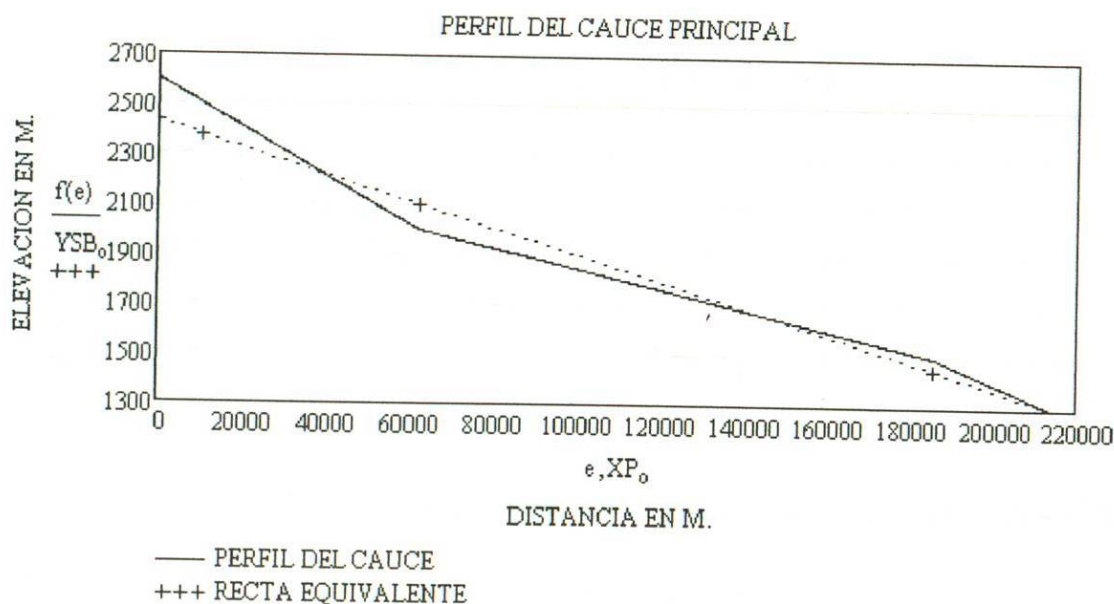
$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

$$SB = 0.0053$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

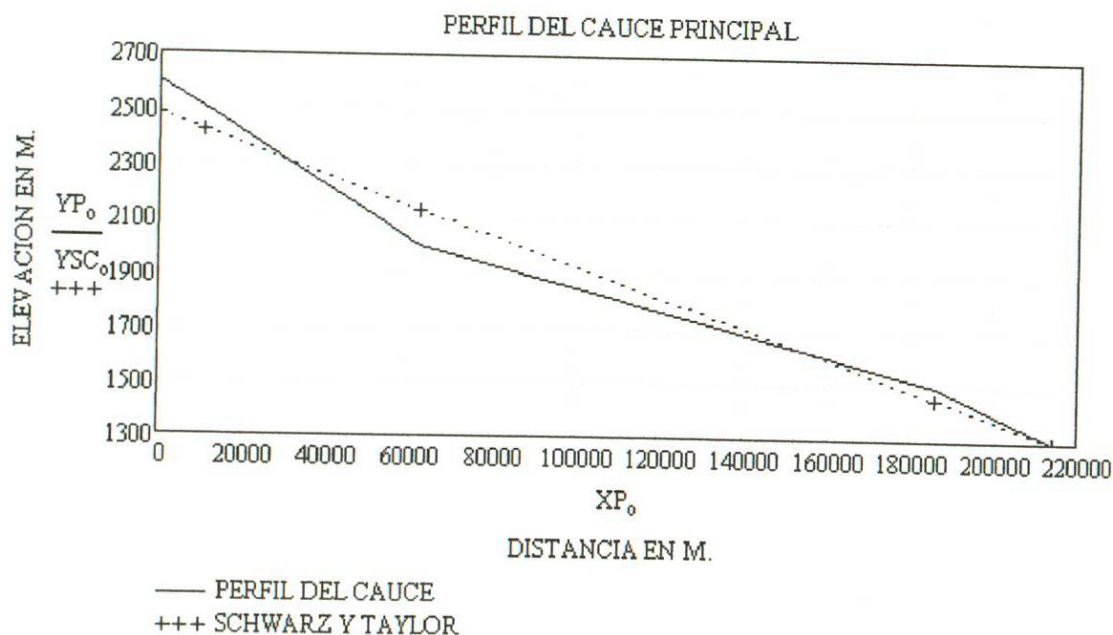
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0055$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2500
2000
1500

XC_x =

1452
7254
7770

XP_o =

0
10675
62510
1.861·10 ⁵
2.141·10 ⁵

YP_o =

2600
2500
2000
1500
1300

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "VILLALBA"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$A := 9557$$

$$P := 634$$

$$LCP := 215$$

$$LC := 141$$

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}}$$

$$Cc = 1.829$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC}$$

$$Re = 0.782$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$N := \text{length}(XC)$$

$$LCH := XC_{(N-1)}$$

$$M := \text{length}(YC)$$

$$N = 3$$

$$M = 3$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20$$

$$x := 0..(M - 1)$$

$$y := 0..(N - 1)$$

$$c := 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

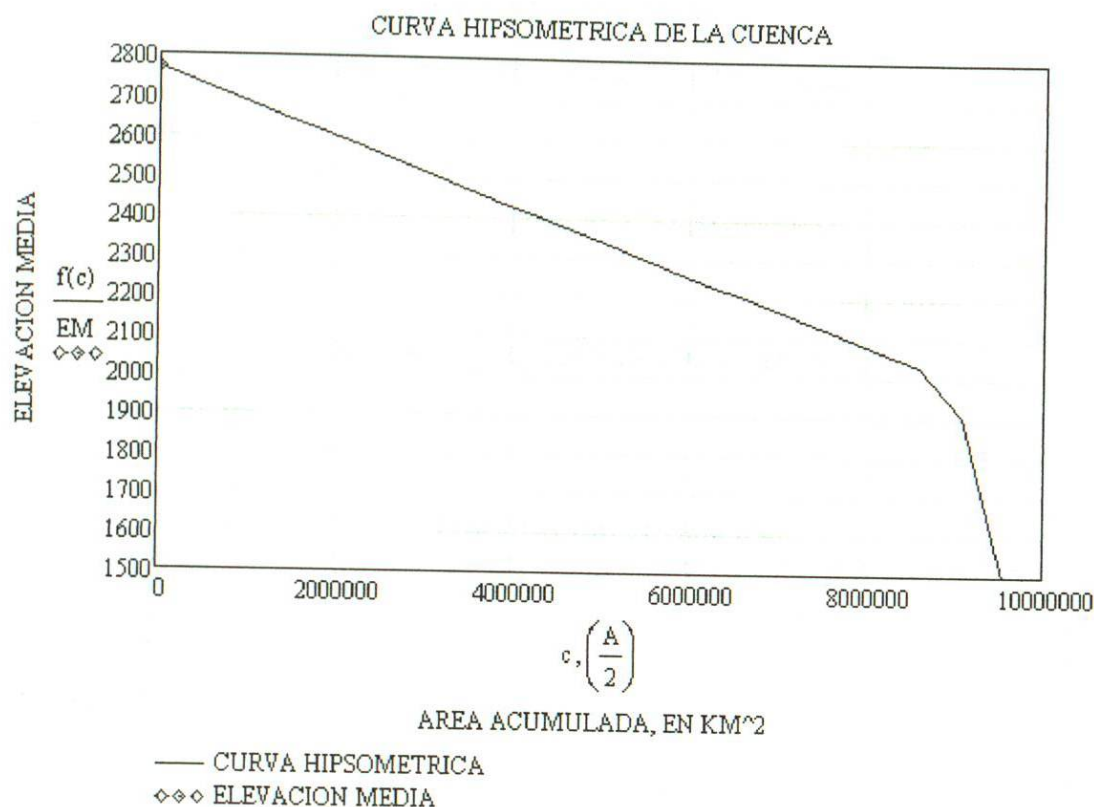
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2767.344$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, S_c EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 408$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.135$$

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL

ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$ $M := \text{length}(XP)$ $T := 0..(M-1)$
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEV.p.m"})$ $LCP := XP_{(M-1)}$ $M = 5$

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

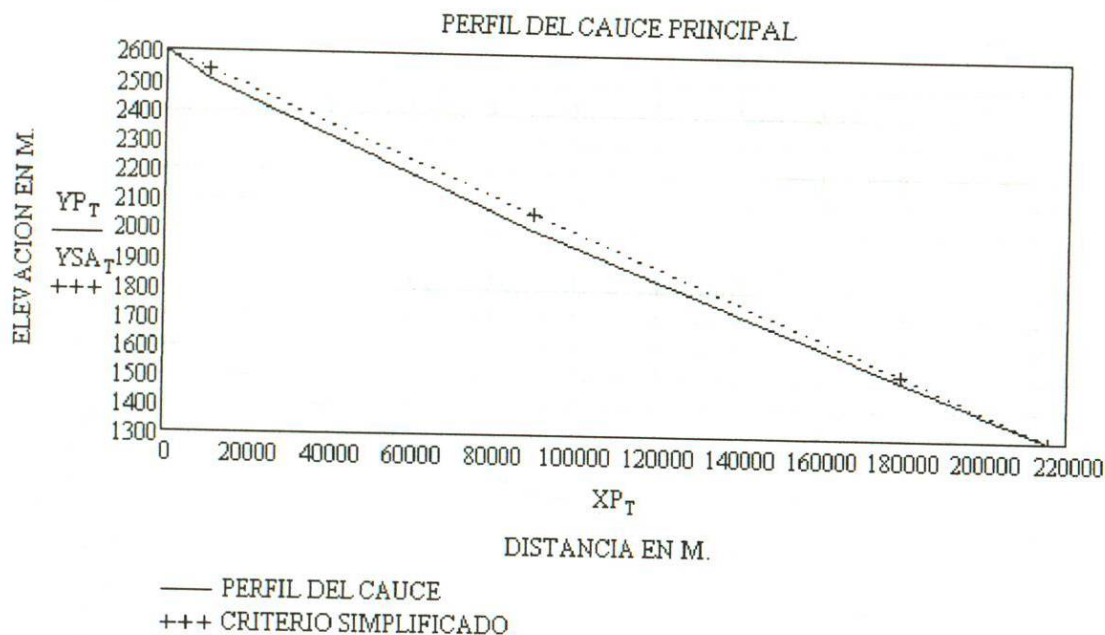
$H := YP_0 - YP_{M-1}$ $H = 1300$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$ $SA = 0.006$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M-1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 412891003.424$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 132848903.424$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 1233.412$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

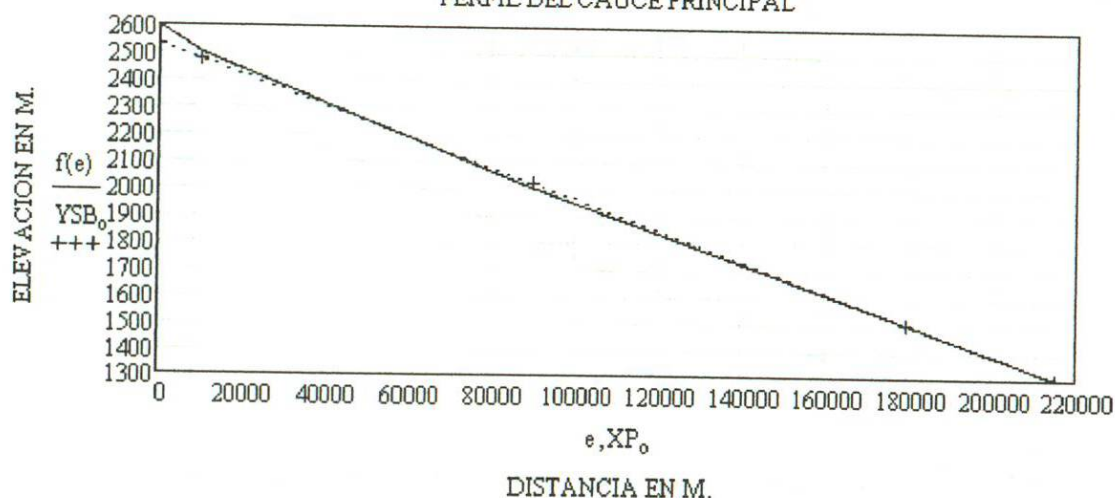
$$SB = 0.0057$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



— PERFIL DEL CAUCE
+++ RECTA EQUIVALENTE

CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

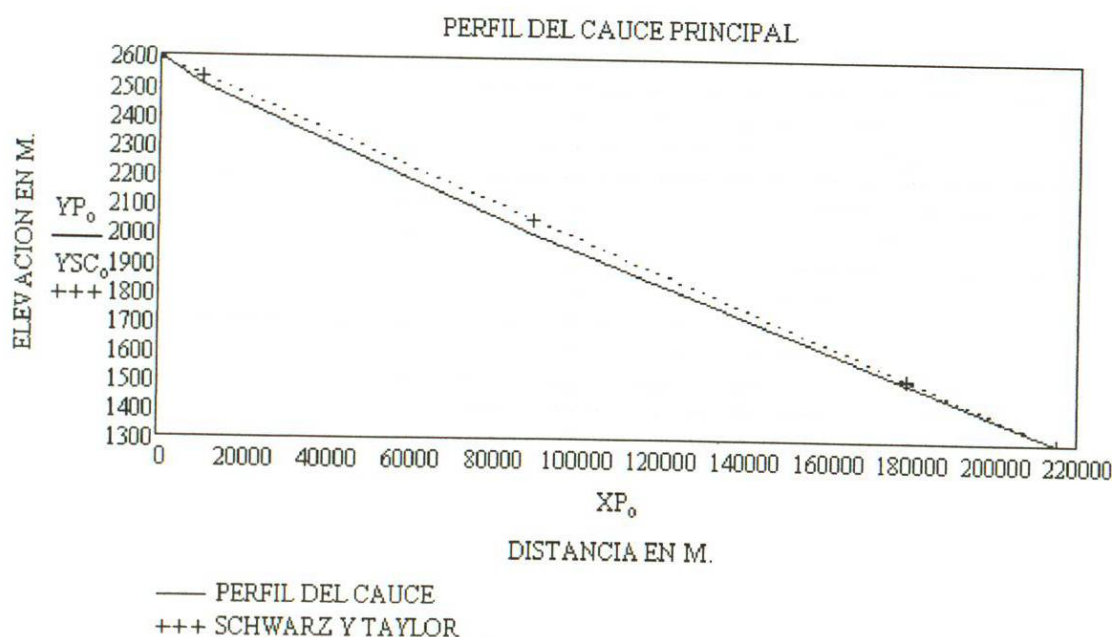
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.006$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2500
2000
1500

XC_x =

3126992
8986313
9556872

XP_o =

0
10211
89903
179634
215417

YP_o =

2600
2500
2000
1500
1300

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "FRANCISCO I MADERO"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$A := 10059$$

$$P := 667$$

$$LCP := 248$$

$$LC := 162$$

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}}$$

$$Cc = 1.875$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC}$$

$$Re = 0.699$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$N := \text{length}(XC)$$

$$LCH := XC_{(N-1)}$$

$$M := \text{length}(YC)$$

$$N = 3$$

$$M = 3$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20$$

$$x := 0..(M-1)$$

$$y := 0..(N-1)$$

$$c := 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

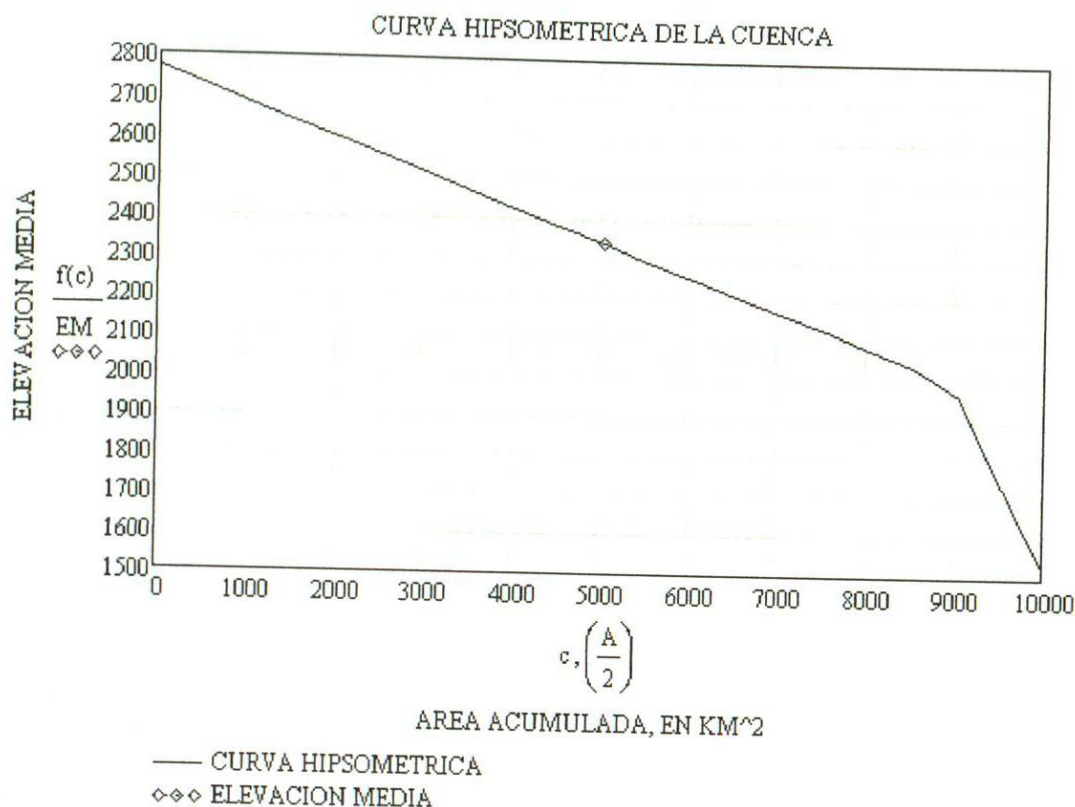
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSONOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2337.087$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, S_c EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 446$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.217$$

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST.pm") M := length(XP) T := 0..(M - 1)
YP := READPRN("ELEV.pm") LCP := XP(M-1) M = 5

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

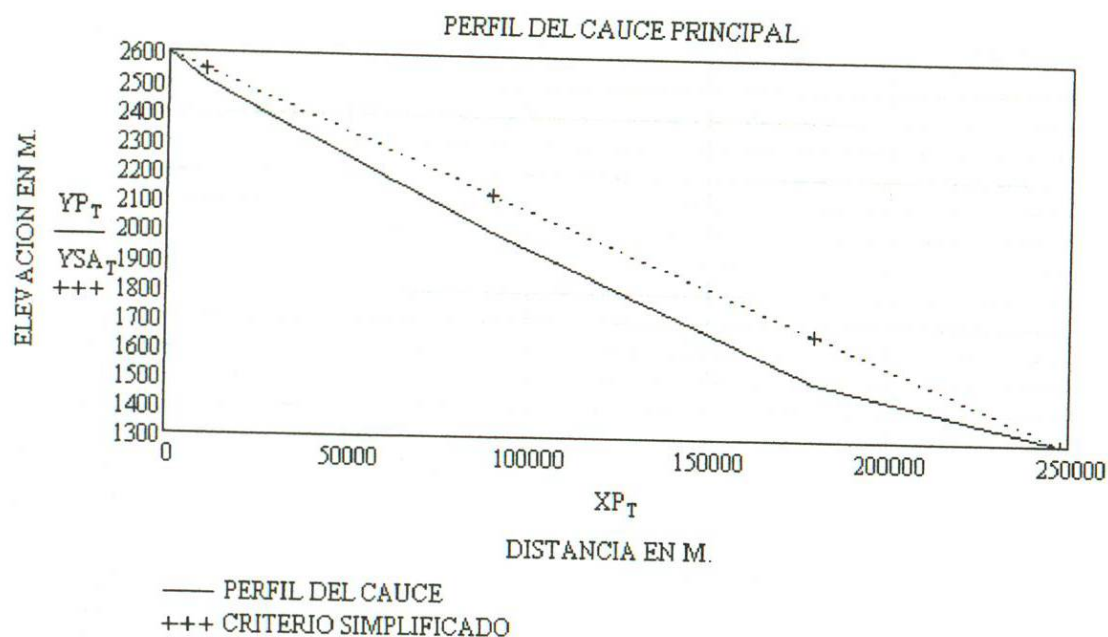
H := YP₀ - YP_{M-1} H = 1300

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

SA := $\frac{H}{LCP}$ SA = 0.0052

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

YSA := YP₀ - SA · XP



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 458236960.708$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 136135960.708$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 1098.89$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

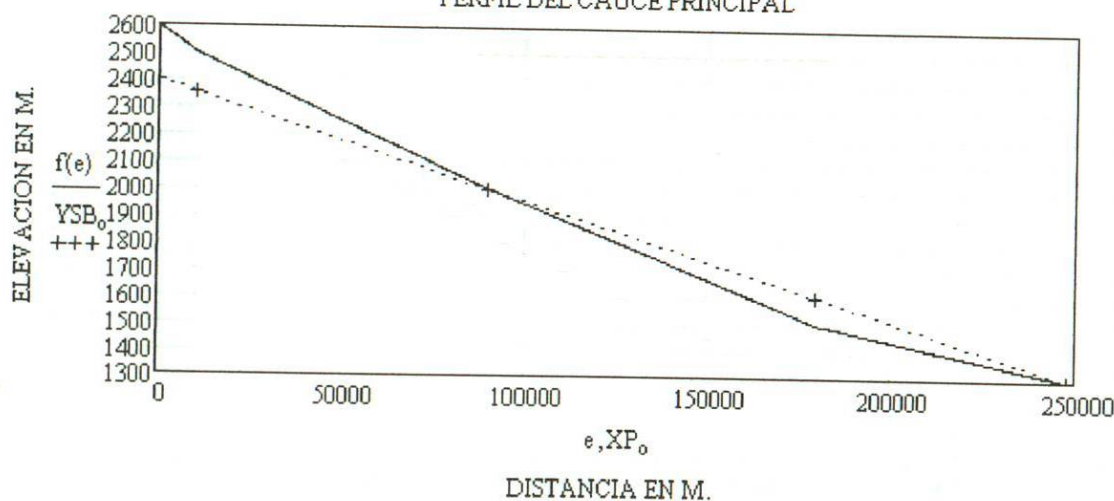
$$SB = 0.0044$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

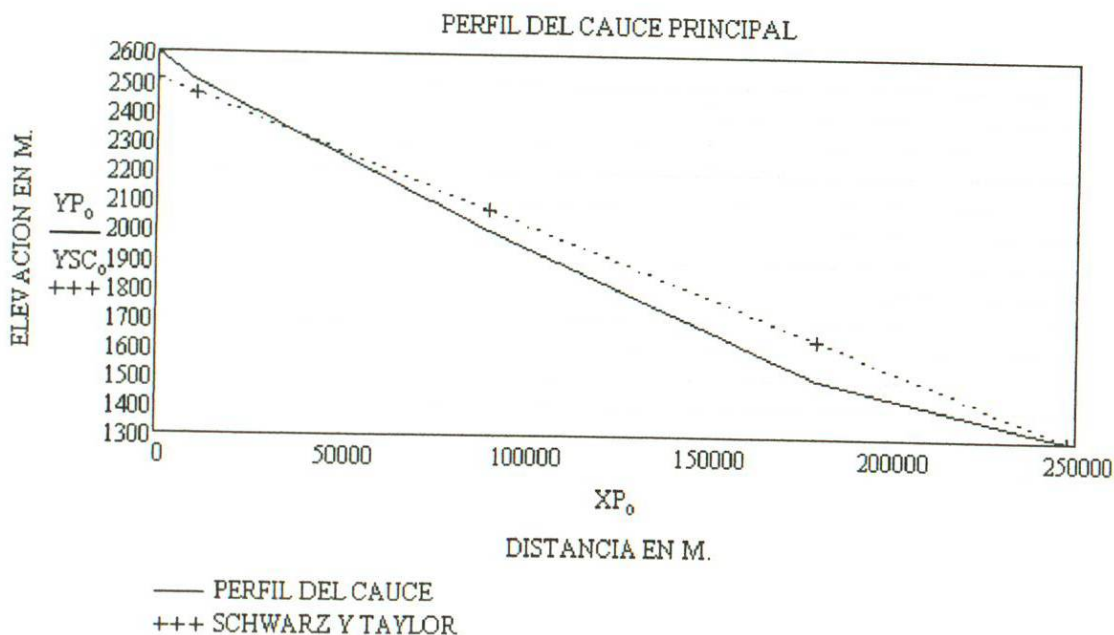
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0049$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2500
2000
1500

XC_x =

3127
8966
10059

XP_o =

0
10178
89900
1.796·10 ⁵
2.478·10 ⁵

YP_o =

2600
2500
2000
1500
1300

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "LAS BURRAS"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$A := 55377$ $P := 1525$
 $LCP := 595$ $LC := 281$

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad Cc = 1.827$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.945$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

$XC := \text{READPRN}(\text{"AREAA.pm"})$

$YC := \text{READPRN}(\text{"ELEV.pm"})$

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 3 & & & M &= 3 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS
DE AJUSTE DE LA CURVA

$$\begin{aligned} NC &:= 20 \text{ ETRICA} & x &:= 0..(M-1) & y &:= 0..(N-1) & c &:= 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH \end{aligned}$$

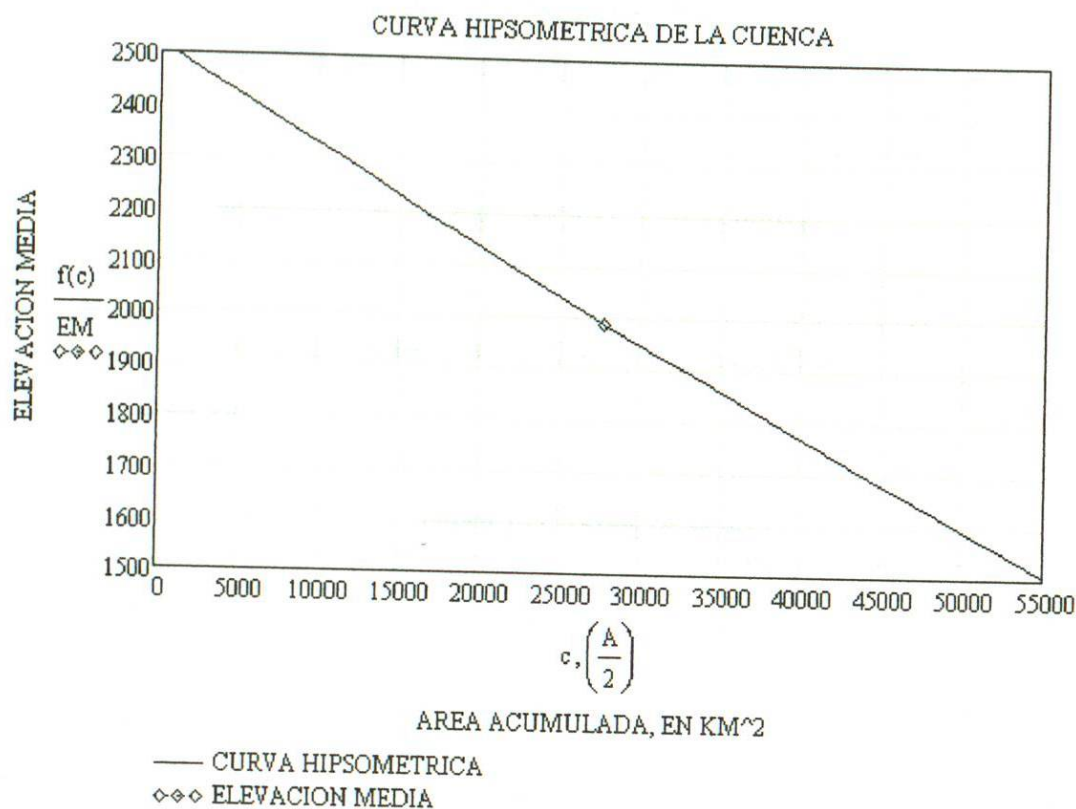
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSONOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 1987.062$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, S_c EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 2943$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.657$$

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL

ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST.pm") M := length(XP) T := 0..(M - 1)
YP := READPRN("ELEVPM") LCP := XP(M-1) M = 5

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

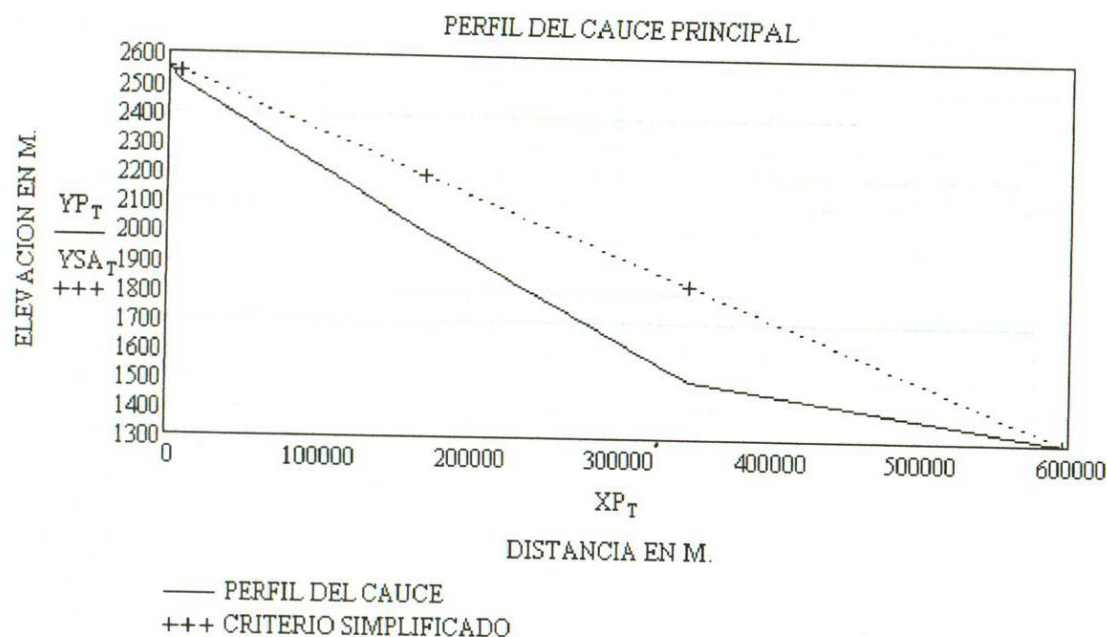
$H := YP_0 - YP_{M-1}$ H = 1250

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$ SA = 0.0021

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e_o := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 1043208665.615$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 269218565.615$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 904.363$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

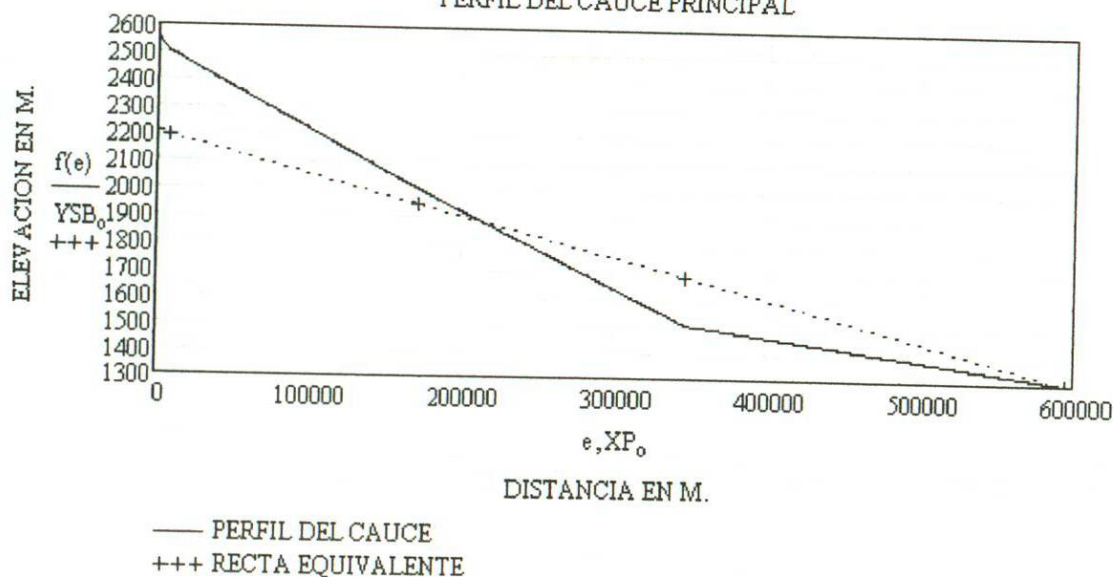
$$SB = 0.0015$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

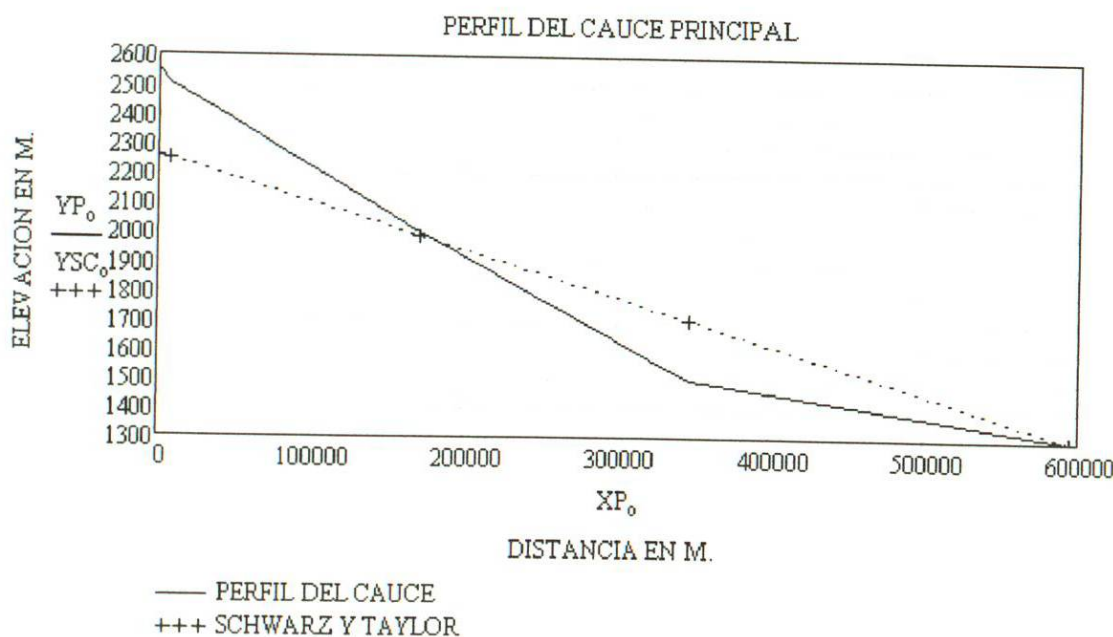
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0016$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
 XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
 AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
 XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2500
2000
1500

XC_x =

989
26953
55377

XP_o =

0
7489
170416
346474
595377

YP_o =

2550
2500
2000
1500
1300

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "CHUVISCAR"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

A := 854 P := 135
LCP := 55 LC := 46

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad Cc = 1.303$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.717$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 2 & & & M &= 2 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$\begin{aligned} NC &:= 20 & x &:= 0..(M-1) & y &:= 0..(N-1) & c &:= 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) \dots LCH \end{aligned}$$

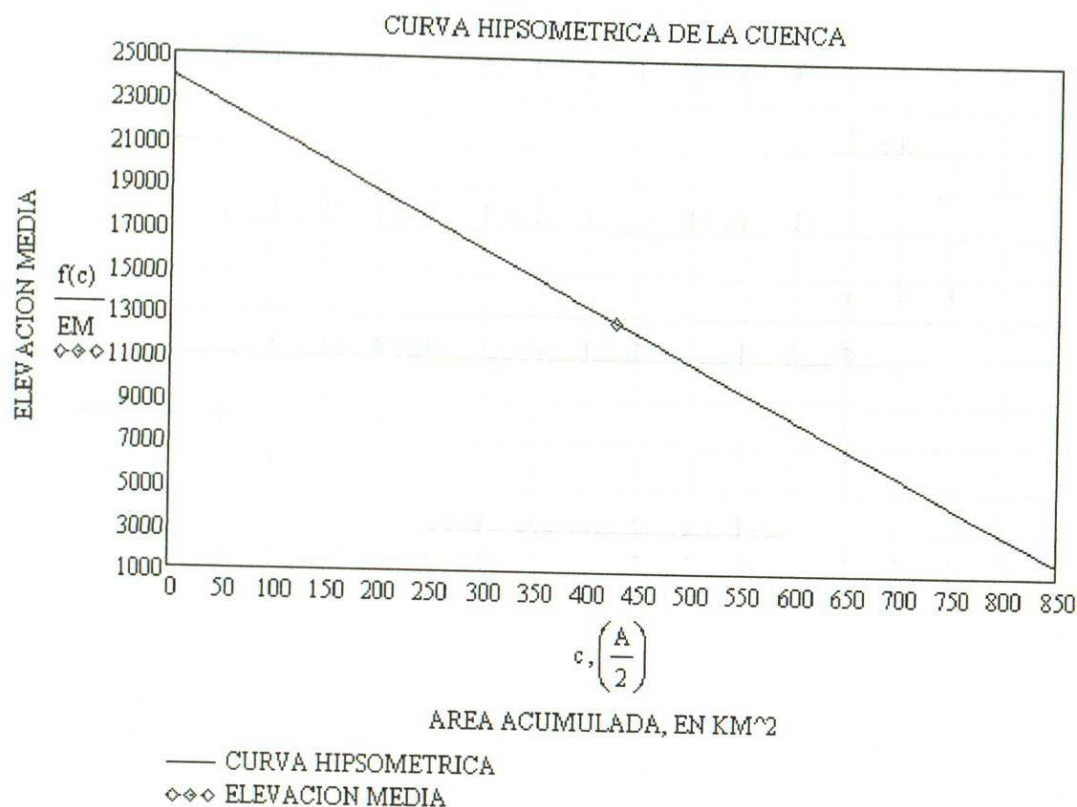
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSONOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 12736.842$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, Sc EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 89$$

$$Sc := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$Sc = 5.211$$

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL

ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$ $M := \text{length}(XP)$ $T := 0..(M - 1)$
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$ $LCP := XP_{(M-1)}$ $M = 4$

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

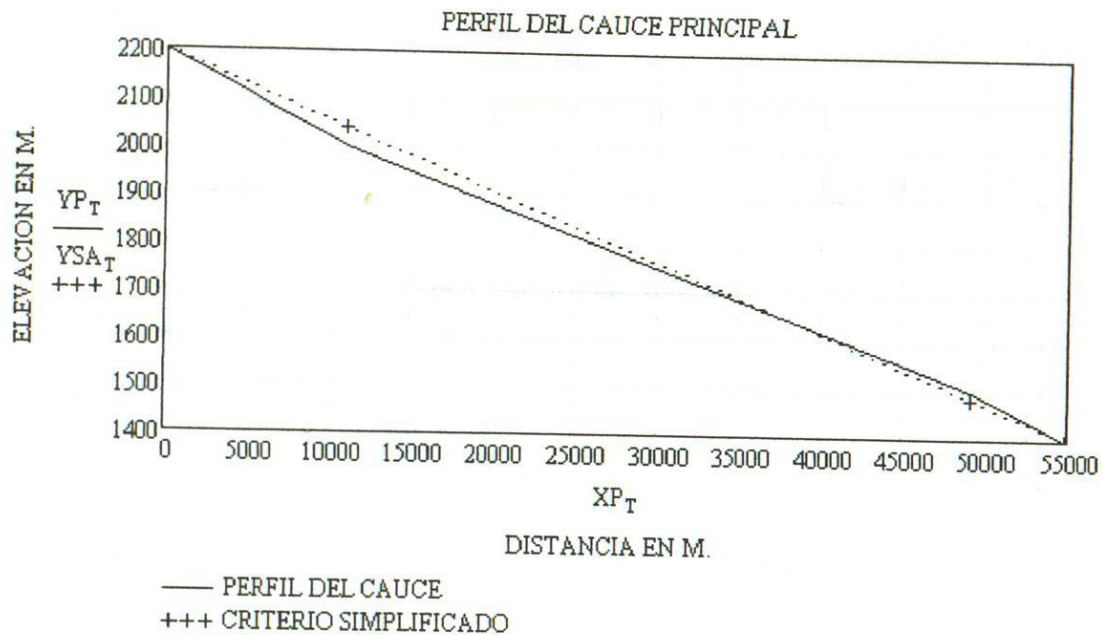
$H := YP_0 - YP_{M-1}$ $H = 800$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$ $SA = 0.0146$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 98214515.206$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 21434315.206$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 781.661$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

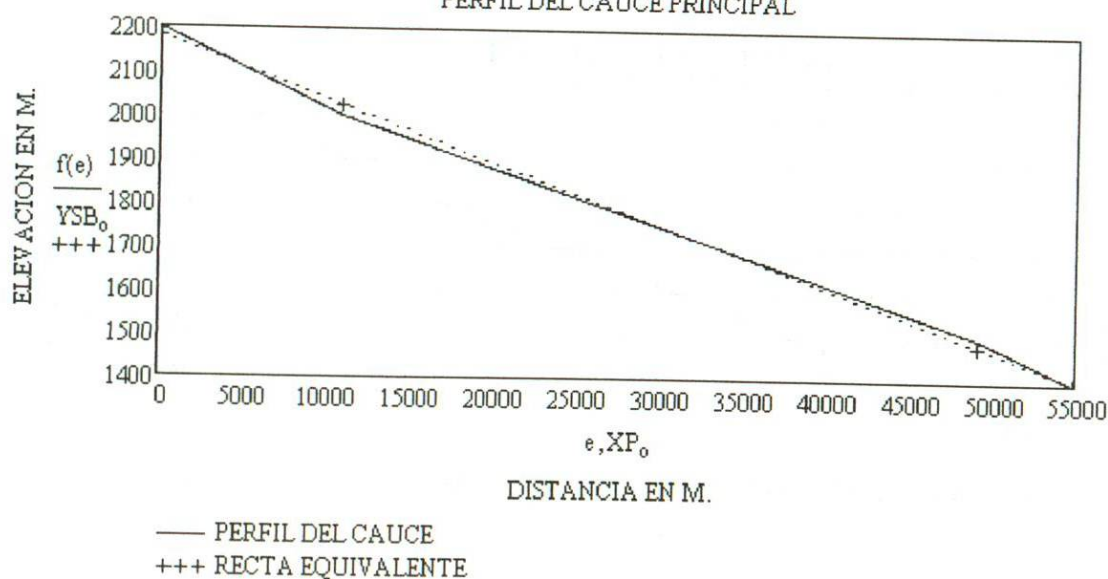
$$SB = 0.0143$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

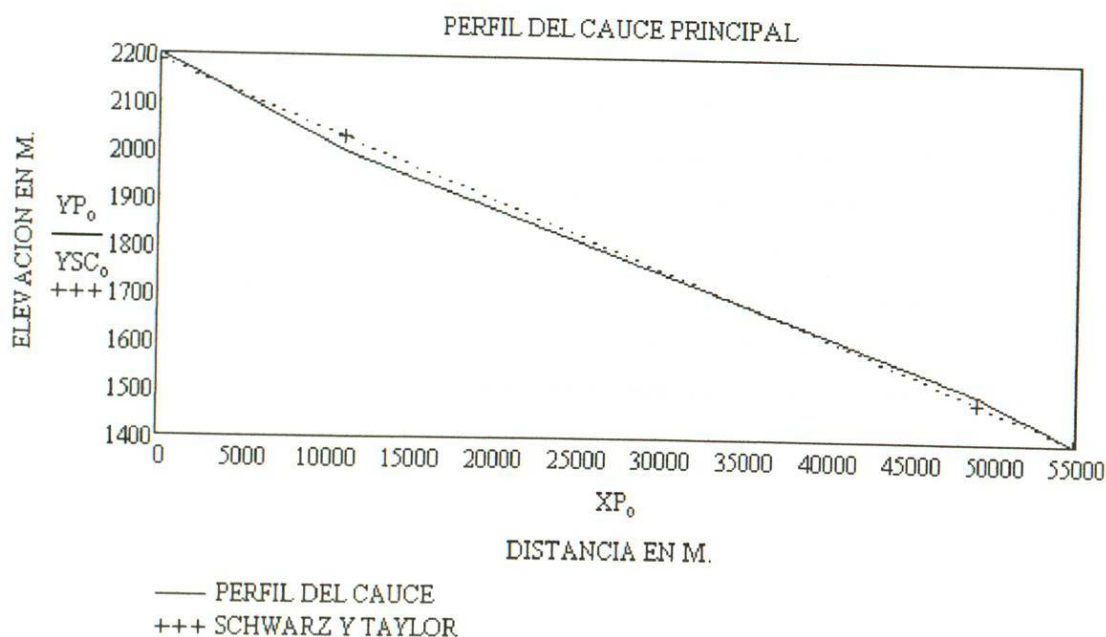
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0144$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
 XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
 AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
 XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2000
1500

XC_x =

835
854

XP_o =

0
10985
49162
54843

YP_o =

2200
2000
1500
1400

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "EL GRANERO"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$A := 57819$$

$$P := 1565$$

$$LCP := 679$$

$$LC := 335$$

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}}$$

$$Cc = 1.835$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC}$$

$$Re = 0.81$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

$$XC := \text{READPRN}(\text{"AREAA.pm"})$$

$$YC := \text{READPRN}(\text{"ELEV.pm"})$$

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$N := \text{length}(XC)$$

$$LCH := XC_{(N-1)}$$

$$M := \text{length}(YC)$$

$$N = 3$$

$$M = 3$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20$$

$$x := 0..(M-1)$$

$$y := 0..(N-1)$$

$$c := 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

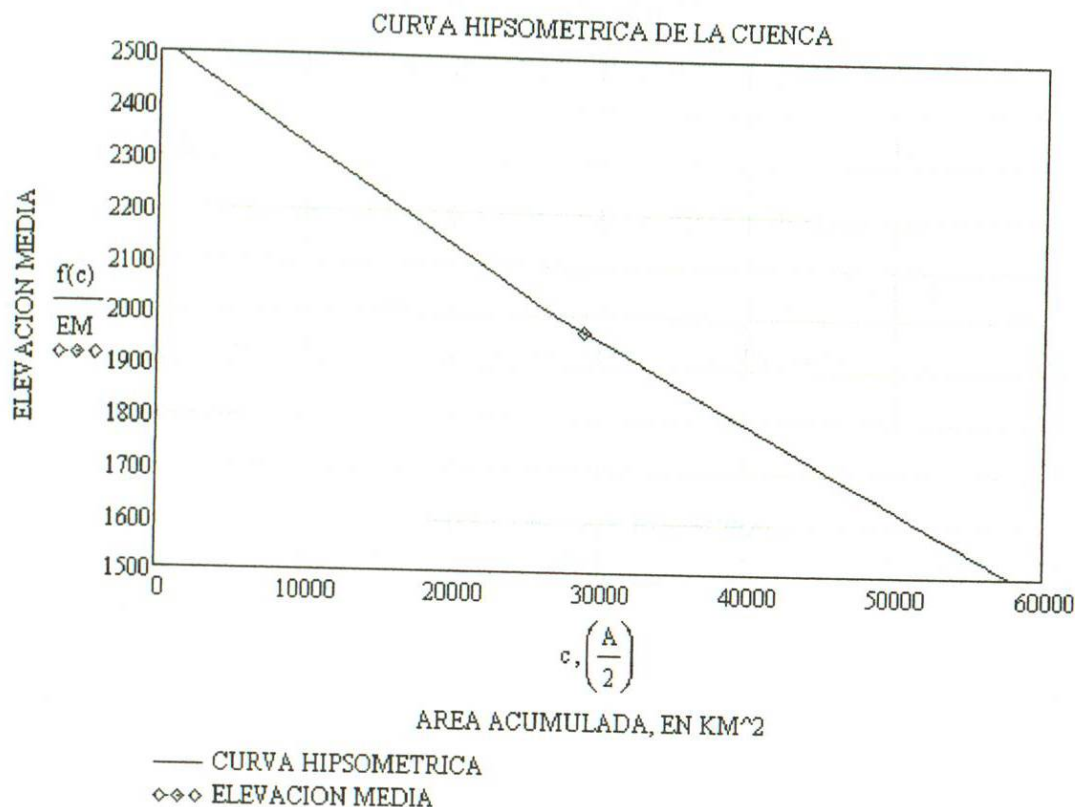
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 1968.307$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, S_c EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 2943$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A} \right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.545$$

CARACTERISTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST.pm") M := length(XP) T := 0..(M - 1)
YP := READPRN("ELEVPM.pm") LCP := XP(M-1) M = 5

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

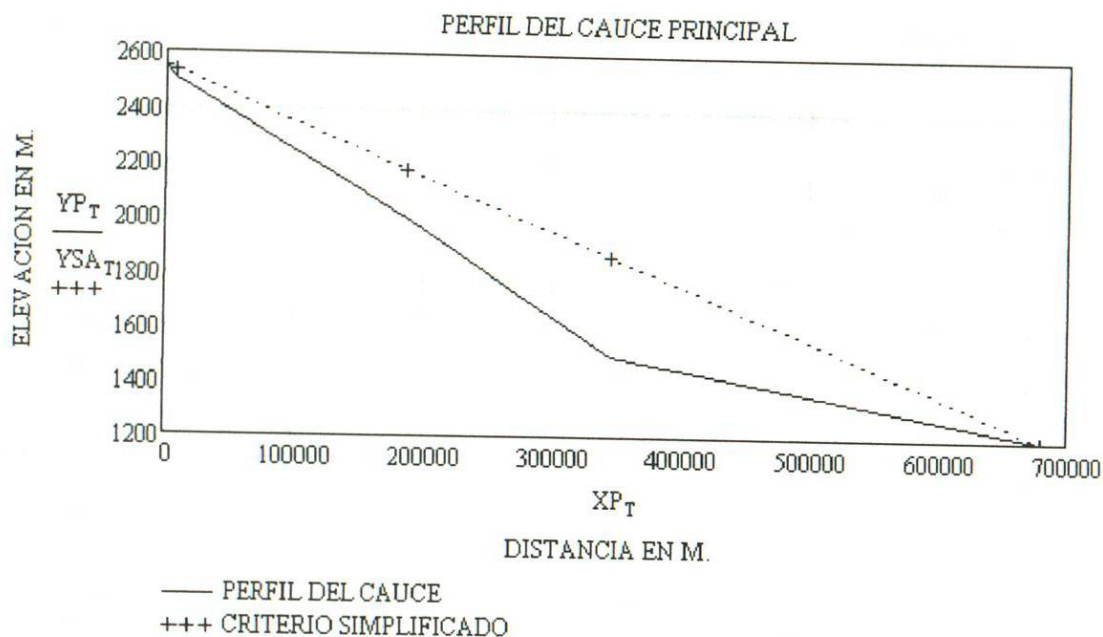
H := YP₀ - YP_{M-1} H = 1350

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

SA := $\frac{H}{LCP}$ SA = 0.002

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

YSA := YP₀ - SA · XP



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 1153247365.335$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 337853365.335$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 994.425$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

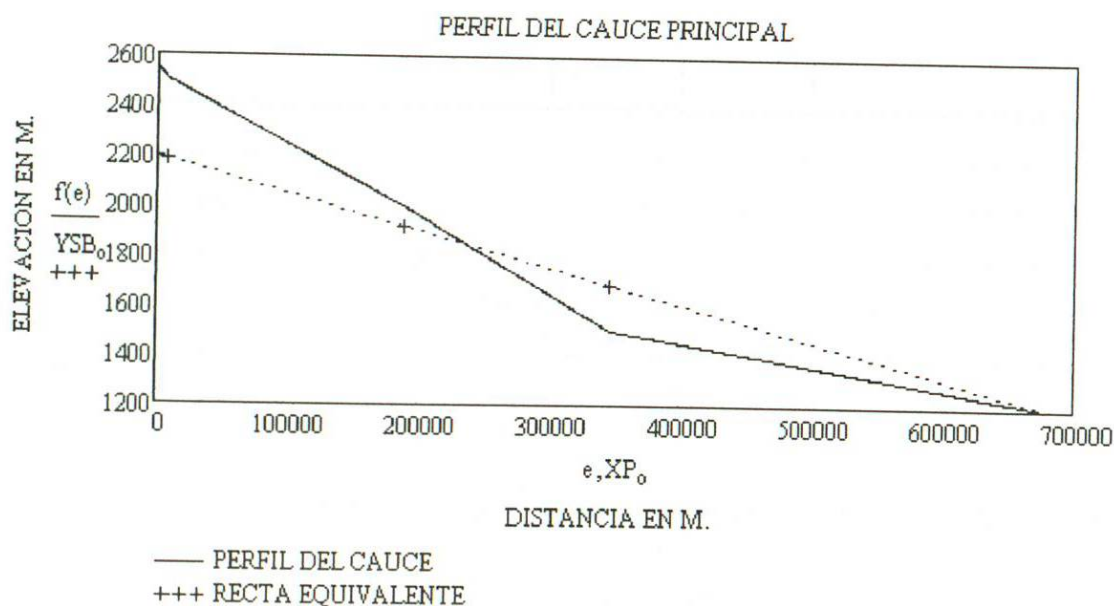
$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

$$SB = 0.0015$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T_1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T_2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T_3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T_4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T_5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T_6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T_7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T_8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T_9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T_0 - T_1 & S_1 &:= T_1 - T_2 & S_2 &:= T_2 - T_3 & S_3 &:= T_3 - T_4 & S_4 &:= T_4 - T_5 \\ S_5 &:= T_5 - T_6 & S_6 &:= T_6 - T_7 & S_7 &:= T_7 - T_8 & S_8 &:= T_8 - T_9 \end{aligned}$$

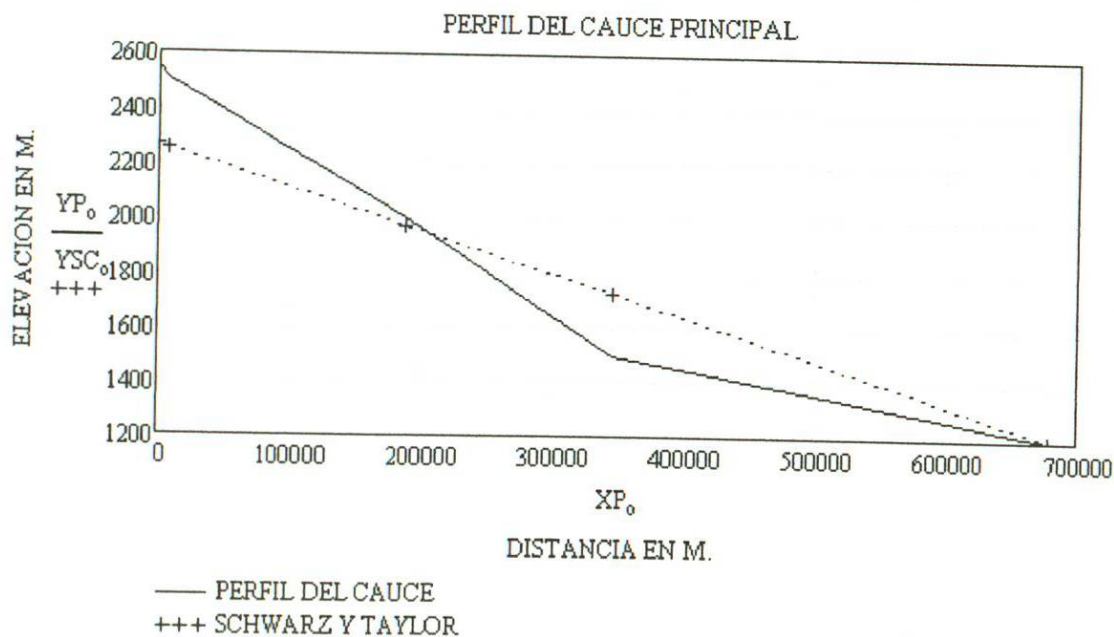
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0016$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
 XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
 AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
 XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2500
2000
1500

XC_x =

989
26953
57819

XP_o =

0
7749
187705
346675
679495

YP_o =

2550
2500
2000
1500
1200

FSIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PUENTE FFCC"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².

LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,

LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.

P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$A := 1162$$

$$P := 189$$

$$LCP := 63$$

$$LC := 50$$

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}}$$

$$Cc = 1.564$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC}$$

$$Re = 0.769$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².

YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$N := \text{length}(XC)$$

$$LCH := XC_{(N-1)}$$

$$M := \text{length}(YC)$$

$$N = 2$$

$$M = 2$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20$$

$$x := 0..(M-1)$$

$$y := 0..(N-1)$$

$$c := 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

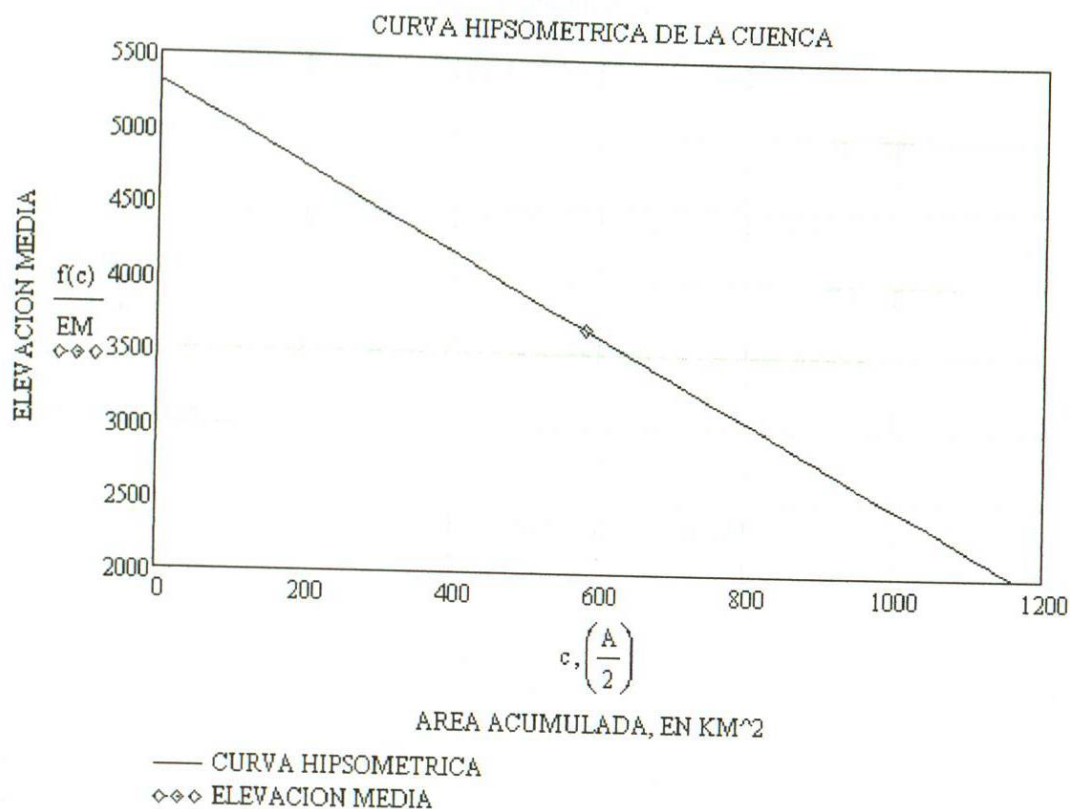
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 3660$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, S_c EN (%):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 77$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 3.313$$

CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL

ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$ $M := \text{length}(XP)$ $T := 0..(M - 1)$
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$ $LCP := XP_{(M-1)}$ $M = 3$

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

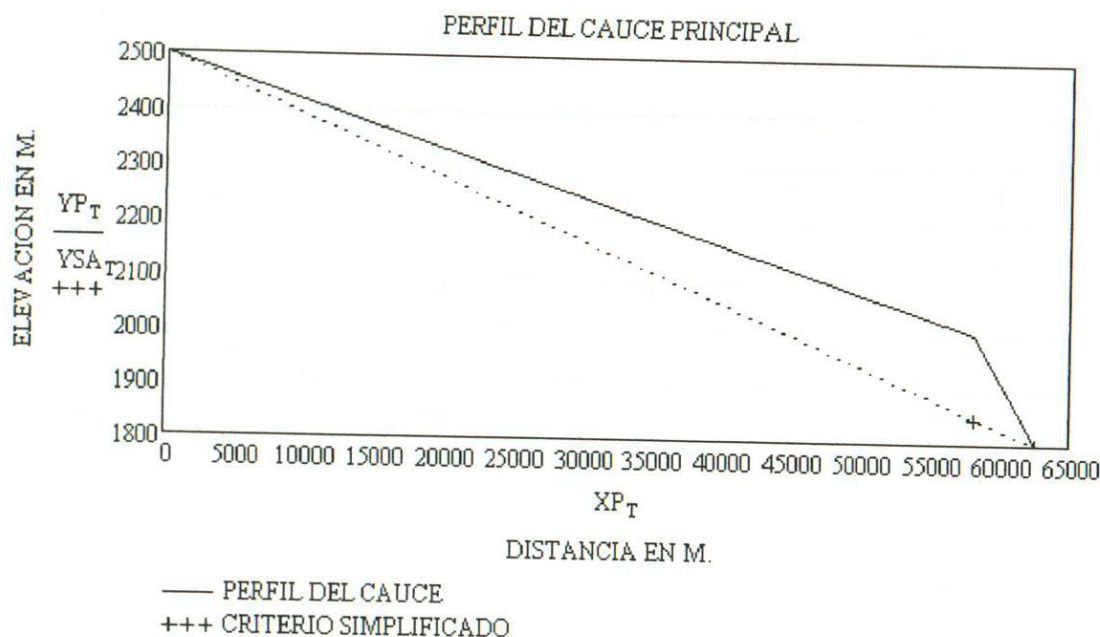
$H := YP_0 - YP_{M-1}$ $H = 700$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$ $SA = 0.0112$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{interp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 139309567.361$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 26791567.361$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 857.193$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

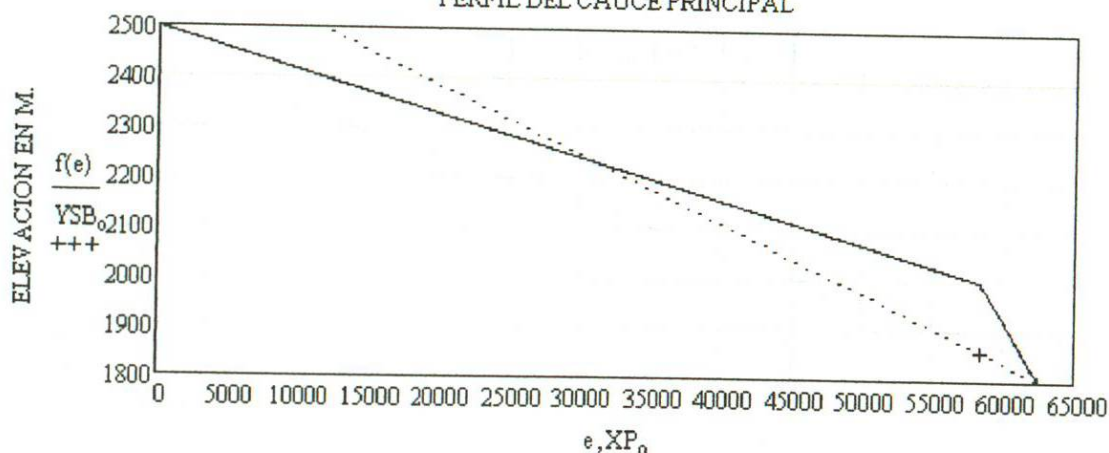
$$SB = 0.0137$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



— PERFIL DEL CAUCE
+++ RECTA EQUIVALENTE

CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

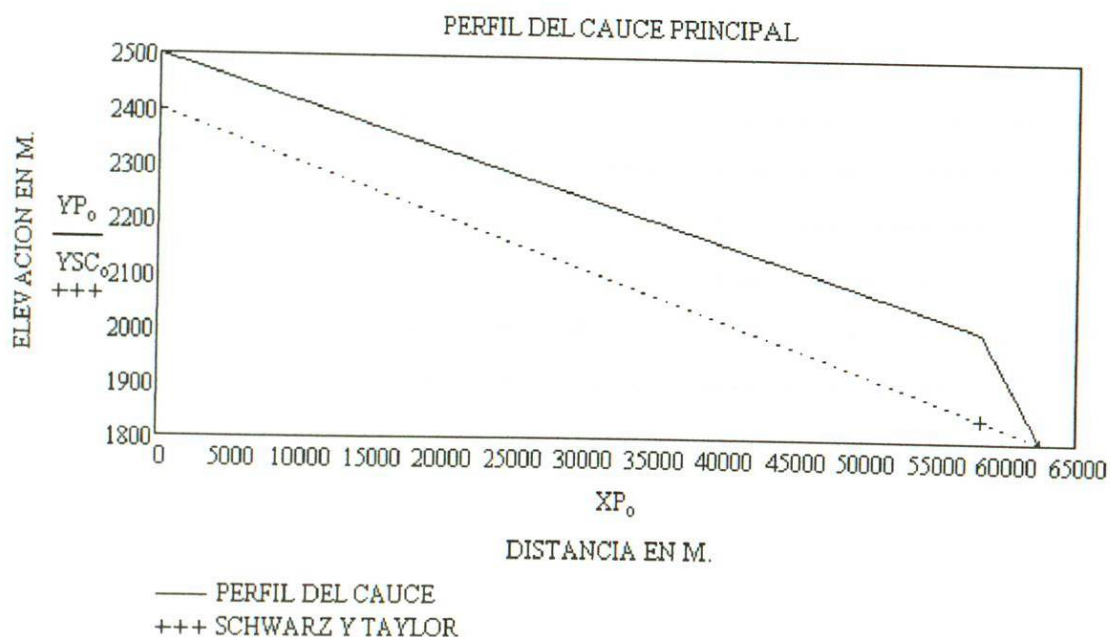
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0096$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$YC_y =$

2500
2000

$XC_x =$

987
1162

$XP_o =$

0
58303
62510

$YP_o =$

2500
2000
1800

FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "LLANITOS"

DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM².
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

A := 1581 P := 187
LCP := 88 LC := 64

FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad Cc = 1.326$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.701$$

CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM².
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 2 & & & M &= 2 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$\begin{aligned} NC &:= 20 & x &:= 0..(M-1) & y &:= 0..(N-1) & c &:= 0, \left(\frac{LCH}{NC} \right) .. LCH \end{aligned}$$

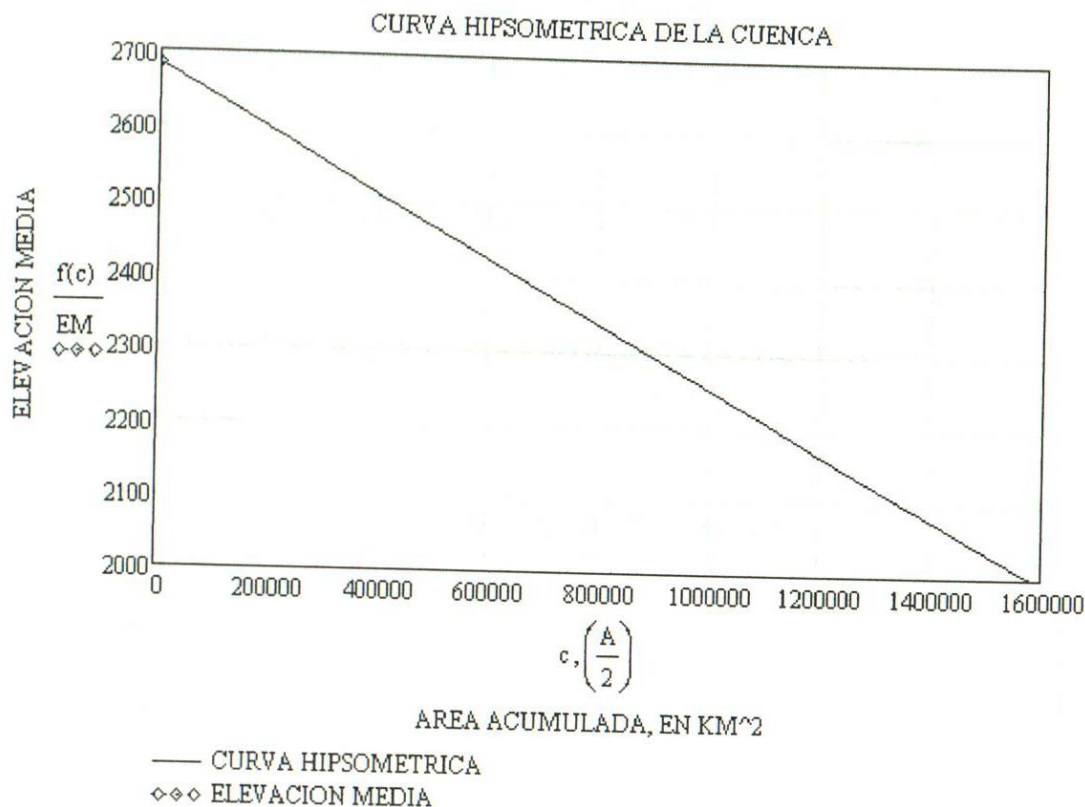
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSONOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2682.287$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, Sc EN (‰):
CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 375$$

$$Sc := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$Sc = 11.86$$

CARACTERISTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$ $M := \text{length}(XP)$ $T := 0..(M - 1)$
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEV.p.m"})$ $LCP := XP_{(M-1)}$ $M = 4$

CRITERIO SIMPLIFICADO, SA

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

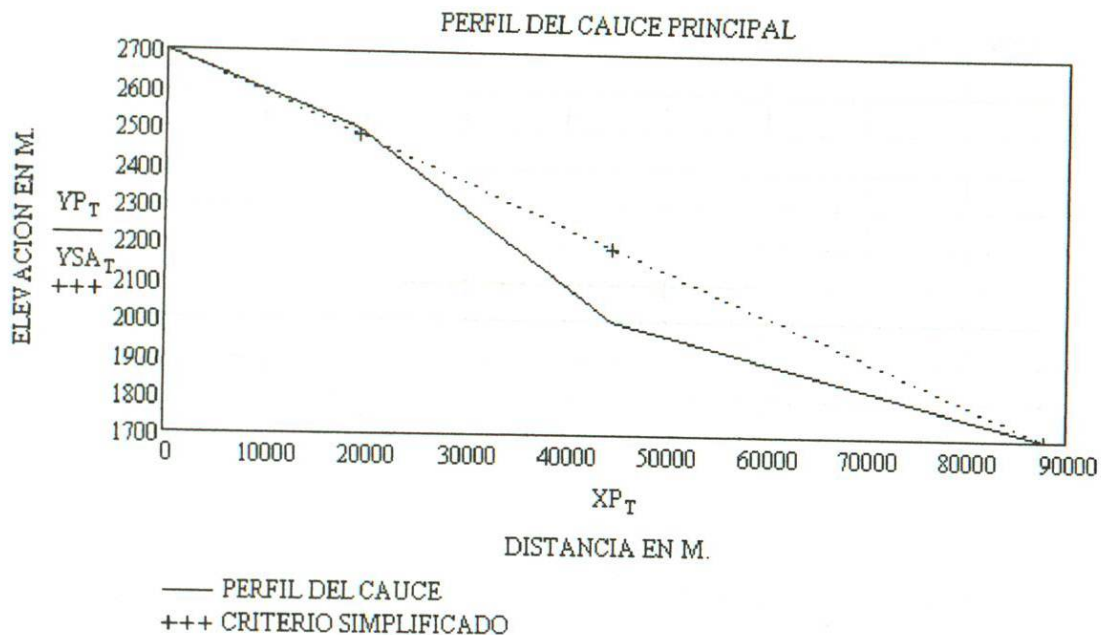
$H := YP_0 - YP_{M-1}$ $H = 1000$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$ $SA = 0.0114$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCION $f(e)$.

NT = NUMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

$$e_o := 0, \left(\frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{interp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACION DEL AREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M².

$$ABC := \sum_e \left[f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT} \right) \right]$$

$$ABC = 187455393.31$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)}$$

$$AA = 38010093.31$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP}$$

$$HE = 864.76$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

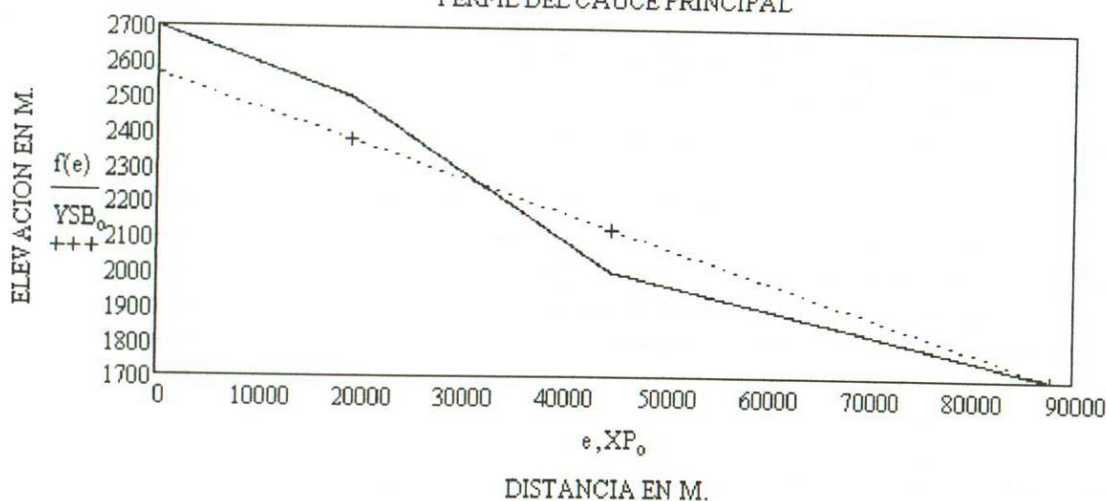
$$SB = 0.0098$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



— PERFIL DEL CAUCE

+++ RECTA EQUIVALENTE

CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACION DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO $Z = 9$ TRAMOS.

$$\begin{aligned} a &:= 0 & b &:= \frac{LCP}{9} & c &:= \frac{LCP}{9} \cdot 2 & d &:= \frac{LCP}{9} \cdot 3 & e &:= \frac{LCP}{9} \cdot 4 & f &:= \frac{LCP}{9} \cdot 5 & g &:= \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\ h &:= \frac{LCP}{9} \cdot 7 & i &:= \frac{LCP}{9} \cdot 8 & j &:= \frac{LCP}{9} \cdot 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T0 &:= \text{linterp}(XP, YP, a) & T1 &:= \text{linterp}(XP, YP, b) & T2 &:= \text{linterp}(XP, YP, c) & T3 &:= \text{linterp}(XP, YP, d) \\ T4 &:= \text{linterp}(XP, YP, e) & T5 &:= \text{linterp}(XP, YP, f) & T6 &:= \text{linterp}(XP, YP, g) & T7 &:= \text{linterp}(XP, YP, h) \\ T8 &:= \text{linterp}(XP, YP, i) & T9 &:= \text{linterp}(XP, YP, j) & Z &:= 0..8 \end{aligned}$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned} S_0 &:= T0 - T1 & S_1 &:= T1 - T2 & S_2 &:= T2 - T3 & S_3 &:= T3 - T4 & S_4 &:= T4 - T5 \\ S_5 &:= T5 - T6 & S_6 &:= T6 - T7 & S_7 &:= T7 - T8 & S_8 &:= T8 - T9 \end{aligned}$$

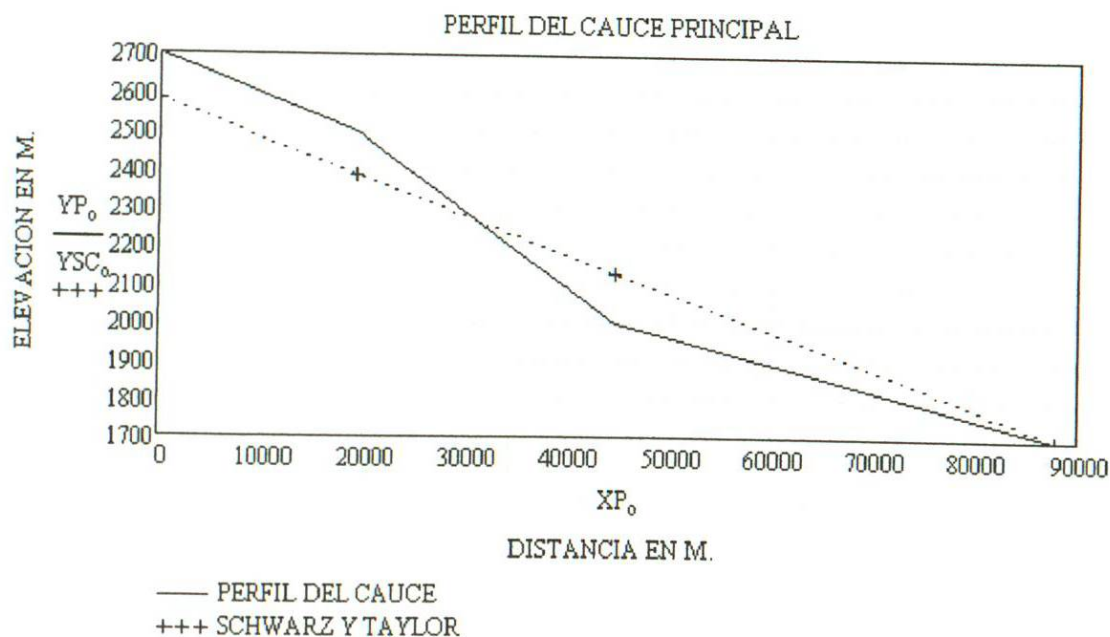
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.01$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM².
XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC_y =

2500
2000

XC_x =

4.229·10 ⁵
1.581·10 ⁶

XP_o =

0
19181
44792
87909

YP_o =

2700
2500
2000
1700

ANEXO E
Cálculo preliminar
de los datos

ANEXO B: Datos de precipitación de las cuencas

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Peguis
CORRIENTE: Río Conchos
CUENCA: Río Bravo

CLAVE: 24388
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	6.0	17.0	3.0	12.0	36.0	4.0	51.5	2.0	3.0	52.0	12.0	19.0	217.5
1958	52.0	29.0	4.0	0.1	5.0	18.0	26.0	44.0	177.0	71.0	5.0	0.0	431.1
1959	0.1	15.0	0.0	22.0	57.0	44.0	12.0	25.0	26.0	10.0	20.0	12.0	243.1
1960	39.0	0.1	1.0	0.1	0.1	9.0	82.5	79.0	0.0	7.0	39.0	34.0	290.8
1961	42.0	5.0	0.0	0.1	29.0	105.0	38.0	54.0	28.0	32.0	0.1	0.0	333.2
1962	9.0	5.0	9.0	9.0	0.0	51.0	90.0	15.0	103.0	44.0	11.0	18.0	364.0
1963	0.1	2.0	0.1	28.0	31.0	17.0	49.0	56.0	54.0	30.0	39.0	0.1	306.3
1964	0.0	0.1	7.0	3.0	9.0	43.0	31.0	28.0	72.0	2.0	0.0	33.0	228.1
1965	7.0	18.0	0.1	0.0	8.0	41.0	2.0	47.0	76.0	0.0	0.1	24.0	223.2
1966	0.1	8.0	10.0	3.0	21.0	34.0	28.0	118.0	40.0	58.0	0.0	0.1	320.2
1967	8.0	18.0	13.0	0.0	0.1	85.0	22.0	37.0	68.0	14.0	0.1	18.0	283.2
1968	7.0	7.0	19.0	28.0	21.0	0.1	103.0	61.0	28.0	8.0	36.0	0.0	318.1
1969	0.1	4.0	0.0	0.0	0.1	38.0	47.0	57.0	22.0	2.5	26.0	0.1	196.8
1970	5.0	22.0	24.0	0.1	22.0	56.0	68.0	66.0	114.0	43.0	0.0	0.0	420.1
1971	0.0	0.0	0.0	2.0	9.0	69.0	44.0	22.0	34.0	119.0	0.0	11.0	310.0
1972	0.1	0.0	0.0	0.0	26.0	100.0	59.0	56.0	84.0	11.0	18.0	0.1	354.2
1973	8.0	32.0	4.0	0.0	50.0	5.0	163.0	8.0	15.0	16.0	0.0	0.0	301.0
1974	0.1	0.0	38.0	34.0	22.0	12.0	105.0	72.0	171.0	27.0	30.0	24.5	535.6
1975	9.0	12.0	0.0	0.1	6.0	12.0	58.0	67.0	30.0	4.0	0.0	10.0	208.1
1976	0.0	0.0	0.0	0.1	26.0	28.0	121.0	42.0	47.0	11.0	16.0	46.0	337.1
1977	0.1	2.0	0.0	5.0	0.1	19.0	17.0	14.0	0.1	39.0	0.1	5.0	101.4
1978	0.1	2.5	0.1	2.0	8.0	60.0	56.5	72.8	105.5	62.5	9.0	3.5	382.5
1979	3.5	9.0	0.0	11.5	45.0	97.5	47.0	82.0	30.5	0.0	0.1	5.0	331.1
1980	3.0	0.1	1.0	0.1	0.0	1.0	0.0	87.0	91.0	22.0	14.0	6.0	225.2
1981	12.5	2.5	14.0	84.5	32.0	28.5	65.5	63.0	33.5	74.0	0.0	1.0	411.0
1982	59.0	6.0	0.1	4.0	19.0	29.0	10.0	18.5	4.0	0.0	12.0	21.5	183.1
1983	7.0	0.1	1.5	3.0	12.5	9.5	8.0	68.0	10.0	36.0	34.0	1.0	190.6
1984	16.5	0.0	0.1	0.0	6.0	77.5	8.0	44.5	57.0	34.5	18.0	33.0	295.1
1985	0.1	13.5	2.0	9.5	4.5	39.5	66.5	22.0	83.5	38.5	0.5	0.0	280.1
1986	0.1	2.5	0.0	1.5	20.5	118.0	34.0	42.5	72.5	63.5	14.5	57.0	426.6
1987	0.0	8.5	0.1	41.5	31.0	78.5	28.0	27.0	34.0	10.0	0.1	3.5	262.2
1988	0.1	0.1	0.1	1.0	12.0	3.5	30.0	23.0	23.5	12.0	0.1	4.4	109.8
1989	1.5	32.0	3.0	0.0	0.1	0.7	3.1	74.8	2.2	3.5	0.2	2.3	123.4
1990	4.3	8.1	1.0	0.9	16.1	0.1	48.3	64.5	80.3	25.8	2.6	3.5	255.5
1991	9.7	8.4	0.0	1.0	0.3	29.7	112.4	15.8	66.8	0.0	2.1	35.2	281.4
1992	37.6	49.6	0.3	4.2	97.8	20.1	43.3	5.5	1.3	9.2	20.6	9.5	299.0
1993	9.2	1.9	2.0	10.0	10.9	66.6	65.4	26.2	18.3	4.2	0.1	6.7	221.5
1994	11.5	1.5	30.0	4.0	13.5	1.5	0.0	0.0	5.9	27.0	0.0	18.0	112.9
1995	0.0	0.0	0.0	10.0	5.0	2.5	33.0	16.5	30.6	5.2	0.7	0.8	104.3
1996	3.0	2.5	0.0	0.5	0.5	12.8	8.0	67.0	39.0	2.4	13.5	0.0	149.2
1997	0.0	55.0	5.3	21.5	27.0	14.5	50.0	21.0	19.5	3.0	10.0	17.0	243.8
1998	0.0	0.0	1.5	0.0	3.0	6.4	17.0	51.5	5.0	57.0	0.0	2.0	143.4
1999	0.0	0.0	10.0	0.0	7.5	29.5	69.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.0
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	69.0	12.0	17.5	4.0	86.0	16.0	0.0	225.5
2001	14.7	9.0	10.0	15.0	6.8	5.5	49.5	17.5	7.5				135.5
PROM	8.6	9.1	4.8	8.3	17.3	35.4	46.3	42.3	44.8	26.7	9.6	11.0	263.06

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Parral
CORRIENTE: Salidas Presa
CUENCA: Río Parral

CLAVE: 24388
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	3.0	13.5	4.5	10.0	54.0	18.0	84.5	42.0	18.5	6.5	0.1	1.5	256.1
1958	32.0	1.0	1.0	0.1	1.0	5.0	35.0	70.5	481.0	128.0	23.5	12.0	790.1
1959	14.5	4.0	0.1	7.0	2.5	85.5	50.5	108.0	26.5	7.0	4.0	10.0	319.6
1960	9.5	0.1	0.0	0.0	0.1	9.0	164.0	219.5	6.0	0.1	10.5	5.0	423.8
1961	41.0	2.0	0.1	4.0	34.5	175.5	62.5	109.5	119.0	9.5	3.5	0.1	561.2
1962	1.0	0.0	0.0	3.0	0.1	22.0	91.5	15.5	53.0	108.5	4.0	0.1	298.7
1963	0.0	0.0	0.0	0.1	26.0	22.5	101.0	171.8	106.0	24.0	0.1	0.1	451.6
1964	0.0	0.0	2.5	0.1	49.1	119.0	56.6	95.0	171.9	38.0	0.1	10.1	542.4
1965	6.0	4.0	0.0	2.0	0.0	16.0	81.0	137.0	127.0	0.0	0.1	3.5	376.6
1966	0.1	2.0	0.1	0.1	68.0	120.0	90.0	239.0	157.0	61.0	32.0	0.1	769.4
1967	10.0	0.1	1.0	0.0	0.1	141.0	135.0	127.0	147.0	7.0	0.1	4.5	572.8
1968	19.0	21.0	25.0	54.0	0.1	74.0	399.0	140.0	250.5	10.0	8.0	19.0	1019.6
1969	2.0	0.1	0.0	0.0	3.0	8.0	148.0	38.0	24.0	7.0	3.0	27.0	260.1
1970	0.1	59.0	0.1	17.0	0.1	48.0	64.5	122.5	178.0	33.0	0.0	0.1	522.4
1971	0.1	3.0	0.0	0.1	5.0	44.0	75.0	221.0	14.0	75.0	0.0	13.0	450.2
1972	10.0	0.1	0.1	0.0	12.0	36.0	116.0	133.0	179.0	5.0	50.0	0.1	541.3
1973	0.1	33.0	0.0	3.0	14.0	47.0	166.0	191.0	24.0	5.0	0.0	7.5	490.6
1974	0.0	0.0	0.1	1.0	14.5	0.1	76.0	123.0	259.0	6.0	40.0	15.0	534.7
1975	0.1	14.0	0.0	0.0	0.1	37.5	123.0	25.0	90.5	4.0	0.0	14.0	308.2
1976	5.0	0.0	0.0	6.0	34.0	76.0	288.0	104.5	120.5	60.0	29.0	13.0	736.0
1977	6.0	0.1	0.0	1.0	1.0	50.4	57.5	74.5	14.0	15.3	0.1	0.1	220.0
1978	1.0	0.1	0.5	6.3	46.3	7.6	106.7	217.1	179.1	40.2	0.1	0.1	605.1
1979	4.1	0.1	5.0	10.0	45.0	71.1	83.3	181.5	150.0	0.0	3.0	1.0	554.1
1980	0.1	1.2	0.1	0.1	0.0	12.7	44.0	136.0	281.3	35.0	8.6	0.0	519.1
1981	24.5	4.2	17.3	13.8	17.9	79.9	166.4	203.1	102.6	160.8	0.1	0.1	790.7
1982	10.3	1.0	0.0	10.4	2.4	3.2	45.2	57.2	9.5	0.1	0.1	26.4	165.8
1983	12.4	0.1	10.7	0.0	26.4	29.7	13.8	161.8	139.5	50.8	0.0	0.0	445.2
1984	62.9	3.2	0.0	0.0	16.9	184.2	115.2	84.7	55.0	18.6	3.2	41.8	585.7
1985	28.0	7.7	4.0	29.1	33.3	77.9	170.6	70.4	144.9	37.2	13.9	0.0	617.0
1986	22.4	4.7	0.1	26.9	28.9	149.1	102.8	211.7	295.7	9.3	14.8	5.8	872.2
1987	12.4	0.1	0.1	49.4	46.2	140.3	268.3	133.4	86.0	8.6	2.0	0.1	746.9
1988	0.0	0.1	0.0	18.4	0.0	91.4	114.6	126.8	10.1	0.2	0.0	0.1	361.7
1989	1.0	3.0	2.0	0.1	1.3	12.0	59.8	138.4	57.1	3.6	17.8	16.1	312.2
1990	0.1	0.5	0.2	2.0	5.1	14.1	184.6	96.2	138.5	35.7	23.3	0.2	500.5
1991	1.1	6.4	0.0	0.0	0.2	16.0	282.7	125.8	130.5	1.1	15.1	38.4	617.3
1992	94.3	11.6	2.1	2.5	88.1	7.3	39.8	46.9	35.4	23.3	2.6	0.5	354.4
1993	7.4	0.1	1.0	0.1	12.6	44.1	111.5	49.9	119.9	7.1	2.4	2.9	359.0
1994	0.0	7.5	4.4	2.4	1.8	60.3	69.8	51.2	72.4	29.6	1.3	36.0	336.7
1995	3.7	13.9	6.8	0.0	1.7	86.6	98.2	35.4	116.1	10.7	0.7	11.1	384.9
1996	3.2	0.5	0.0	0.1	0.0	126.2	116.7	173.0	106.6	9.1	3.8	0.0	539.2
1997	7.0	15.5	24.2	13.7	7.1	60.2	113.0	74.6	30.5	1.1	0.0	6.4	353.3
1998	0.0	0.1	2.0	0.0	inap.	20.6	154.5	131.5	39.3	47.1	19.4	0.0	414.5
1999	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	53.7	139.3	45.4	33.1	0.0	0.0	1.0	273.8
2000	0.0	0.0	3.3	0.0	42.8	161.4	99.6	70.1	45.6	39.8	16.6	0.5	479.7
2001	5.8	0.0	7.6	14.0	10.3	10.8	92.0	172.6	21.2				334.3
PROM	10.2	5.3	2.8	6.8	17.1	59.4	116.8	117.8	110.4	26.8	8.1	7.8	488.19

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Jiménez
CORRIENTE: Río Florido
CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24225
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	8.0	0.5	4.0	0.0	27.0	6.0	46.0	54.5	14.0	14.0	0.1	0.1	174.2
1958	22.0	3.0	0.0	0.0	16.5	24.0	67.3	59.4	277.5	172.0	7.5	12.0	661.2
1959	8.0	1.0	3.0	4.0	29.0	26.5	16.0	58.5	16.5	15.5	1.0	3.5	182.5
1960	3.5	5.5	0.0	0.1	0.0	8.0	163.5	68.4	4.0	4.0	6.0	18.2	281.2
1961	59.3	3.0	0.0	6.5	6.4	150.5	197.2	53.3	99.0	43.4	3.5	1.0	623.1
1962	8.0	0.0	1.0	12.0	4.5	12.4	88.4	25.9	61.8	272.3	5.0	2.5	493.8
1963	0.1	3.8	0.1	7.5	0.1	62.5	96.0	71.0	101.1	1.7	3.0	0.1	347.0
1964	0.0	0.1	0.1	0.5	33.8	40.8	101.5	111.5	81.9	4.0	0.1	8.0	382.3
1965	8.9	1.0	0.1	0.1	0.0	13.0	25.0	48.6	80.2	0.0	12.5	20.4	209.8
1966	17.0	0.1	0.1	3.2	45.0	44.5	39.0	60.6	200.3	30.5	0.0	0.1	440.4
1967	6.0	0.1	0.1	3.0	8.0	89.8	62.8	95.2	58.7	1.6	0.1	1.7	327.1
1968	21.6	24.5	18.3	29.3	13.3	18.8	234.1	62.6	65.5	7.3	3.0	8.5	506.8
1969	6.0	4.0	0.0	0.1	1.5	8.7	132.5	8.3	47.0	37.4	6.8	9.6	261.9
1970	7.5	25.4	1.8	0.1	0.1	57.3	31.0	39.7	126.4	4.5	0.0	0.1	293.9
1971	0.1	0.1	0.0	0.1	20.3	26.0	72.0	116.0	14.8	96.2	0.0	18.5	364.1
1972	10.0	0.0	1.0	0.0	28.7	65.8	137.0	82.5	73.3	14.5	49.0	0.0	461.8
1973	3.0	43.2	0.0	0.0	9.3	21.8	132.0	94.0	37.0	9.0	0.0	3.0	352.3
1974	0.0	0.0	7.7	5.0	2.0	0.1	112.0	96.8	154.3	8.9	17.0	3.0	406.8
1975	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	11.0	62.0	39.6	50.5	0.0	0.0	10.0	175.2
1976	0.0	0.0	0.0	2.5	10.0	61.5	87.7	54.3	132.0	55.9	27.7	21.0	452.6
1977	9.0	0.0	0.0	7.1	12.9	112.1	77.5	30.0	9.2	17.5	0.0	0.0	275.3
1978	0.0	5.3	0.0	7.5	19.5	29.7	146.1	131.3	137.6	11.8	0.0	0.1	488.9
1979	2.0	2.5	17.0	4.5	33.0	44.5	53.0	83.5	12.0	0.0	2.5	4.5	259.0
1980	0.0	0.0	1.0	0.0	16.0	13.0	20.5	70.0	106.5	15.5	11.5	0.0	254.0
1981	27.0	7.0	10.0	8.5	31.5	46.0	32.5	86.0	27.0	76.5	0.0	8.5	360.5
1982	4.0	0.5	0.1	5.5	6.0	20.5	75.0	50.5	44.5	0.1	11.0	9.5	227.2
1983	14.0	0.1	15.5	0.5	6.5	4.5	27.4	165.5	55.5	13.0	9.0	0.1	311.6
1984	59.3	3.5	0.0	0.0	19.5	161.5	145.0	44.0	21.0	22.7	4.0	19.5	500.0
1985	28.5	7.0	1.5	22.0	20.5	39.5	45.5	48.0	61.5	13.5	0.5	0.0	288.0
1986	13.0	4.5	0.1	15.5	28.0	156.0	28.0	76.5	73.0	54.5	16.0	19.5	484.6
1987	1.5	4.5	0.0	31.5	60.0	33.0	123.5	132.5	64.0	4.5	0.1	1.0	456.1
1988	0.0	0.0	0.0	5.0	0.3	51.8	157.9	68.7	20.5	0.1	0.0	3.0	307.3
1989	0.5	4.0	5.5	0.1	0.3	11.3	45.6	96.7	12.8	14.0	8.1	16.1	215.0
1990	0.7	3.2	7.1	0.1	6.4	10.7	135.3	70.8	137.9	25.3	2.8	3.7	404.0
1991	0.4	6.3	0.0	0.0	2.3	19.4	136.6	112.6	119.2	9.5	8.5	58.0	472.8
1992	62.2	19.2	3.0	5.8	68.4	2.7	31.9	78.5	67.7	0.5	6.5	5.1	351.5
1993	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.0	78.5	61.0	91.0	0.0	6.5	0.0	288.0
1994	0.0	0.0	10.5	2.0	1.0	6.0	55.8	2.0	15.5	31.0	1.5	24.0	149.3
1995	0.0	22.5	1.5	0.0	5.5	82.0	51.0	91.0	61.0	0.0	12.5	13.0	340.0
1996	5.5	0.5	0.0	0.0	0.5	24.5	27.5	118.0	30.0	33.5	2.0	0.0	242.0
1997	2.5	6.0	27.0	2.5	31.5	34.5	95.0	23.5	37.5	18.0	3.0	11.0	292.0
1998	0.0	2.0	1.0	0.0	inap.	60.5	50.5	38.5	12.5	55.0	30.0	0.0	250.0
1999	0.0	0.0	0.0	1.5	9.0	175.5	39.5	26.5	33.0	0.0	0.0	1.0	286.0
2000	0.0	0.0	6.0	0.0	22.0	100.0	58.5	21.0	112.5	32.0	10.0	1.0	363.0
PROM	9.6	4.9	3.3	4.4	15.3	46.3	82.7	68.8	69.5	28.2	6.6	7.7	346.91

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Villalba
CORRIENTE: San Pedro
CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24181
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	4.0	7.2	8.1	1.8	14.6	4.0	61.8	88.2	4.8	5.3	0.8	1.8	202.4
1958	20.7	5.4	0.8	0.1	2.0	17.2	58.8	58.0	216.6	77.2	7.7	9.4	473.9
1959	12.7	0.8	0.1	20.4	19.1	22.4	9.6	143.6	12.3	2.5	0.1	16.3	259.9
1960	9.1	5.1	0.0	0.0	0.0	15.7	123.1	125.8	2.1	7.1	15.0	11.2	314.2
1961	41.9	0.1	0.1	4.1	0.1	63.5	38.5	73.4	40.9	20.0	1.8	0.0	284.4
1962	0.1	0.0	0.0	0.1	3.0	7.5	116.8	17.0	61.4	85.5	0.1	3.3	294.8
1963	0.1	2.0	0.1	1.3	1.0	14.9	41.7	41.9	65.8	9.3	1.8	0.8	180.7
1964	0.1	0.1	0.8	0.5	17.7	46.9	29.8	36.8	106.6	1.5	0.1	13.1	254.0
1965	5.5	11.9	0.1	8.6	10.1	24.6	31.7	55.1	212.3	0.0	1.8	41.9	403.6
1966	1.3	4.6	0.1	0.3	34.8	82.6	55.7	146.3	115.9	28.1	0.1	0.1	469.9
1967	0.1	3.0	28.7	0.1	1.0	81.1	43.1	89.8	115.6	10.1	0.5	1.8	374.9
1968	10.2	25.3	21.4	38.1	11.2	11.4	175.8	91.5	71.1	6.3	1.1	3.8	467.2
1969	9.4	12.7	0.0	0.1	0.1	1.1	82.2	27.8	8.3	25.7	6.6	9.9	183.9
1970	2.3	23.7	4.3	0.1	0.1	68.5	22.9	21.8	150.5	2.8	0.0	0.1	297.1
1971	1.0	0.0	2.0	1.0	5.3	22.7	52.5	134.6	34.1	59.2	0.0	8.4	320.8
1972	12.1	0.0	0.0	0.0	18.5	78.2	74.9	76.6	127.4	23.2	44.5	0.3	455.7
1973	1.0	40.4	0.1	7.9	12.2	6.0	189.6	210.8	13.6	11.4	0.0	6.8	499.8
1974	0.0	0.0	1.8	0.6	30.2	0.8	66.3	61.7	174.9	2.0	15.0	12.4	365.7
1975	1.0	11.0	0.0	0.0	0.0	23.2	99.5	61.3	30.8	0.2	0.0	1.8	228.8
1976	1.0	0.0	0.0	2.0	60.2	59.9	117.4	34.4	115.0	25.1	22.6	17.2	454.8
1977	4.0	0.0	0.0	2.0	11.0	46.8	119.6	37.8	2.4	42.4	0.1	0.0	266.1
1978	4.0	0.4	0.0	3.0	15.0	55.0	100.0	110.0	20.0	50.0	3.0	2.0	362.4
1979	3.0	1.0	6.0	3.0	18.5	35.8	45.9	63.7	26.0	0.0	3.5	1.5	207.9
1980	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	7.5	16.5	103.5	252.5	24.0	15.0	0.0	419.9
1981	34.0	12.5	1.1	19.7	12.5	79.6	104.1	72.5	70.7	55.5	0.0	0.1	462.3
1982	6.4	0.7	0.1	1.3	0.8	8.5	31.1	43.0	11.3	0.0	17.0	11.2	131.4
1983	15.3	0.1	10.0	0.1	2.9	2.0	2.0	89.1	42.3	15.3	14.5	0.1	193.7
1984	35.5	0.7	0.0	0.0	31.0	106.5	68.6	77.1	46.4	20.4	2.6	26.0	414.8
1985	29.3	8.9	4.0	18.3	6.5	41.7	43.0	17.7	75.7	12.1	2.5	0.0	259.7
1986	7.8	8.0	0.1	2.0	21.0	39.0	80.0	79.5	66.0	13.0	6.0	21.0	343.4
1987	0.1	0.1	0.0	43.5	37.0	9.0	87.0	113.5	36.0	0.1	0.1	0.1	326.5
1988	0.0	0.1	0.1	33.0	5.0	67.0	41.2	137.5	12.0	10.0	0.0	3.0	308.9
1989	0.4	7.0	4.0	0.1	0.3	0.5	27.5	104.2	6.9	19.4	4.5	13.1	187.9
1990	0.4	2.4	4.0	0.1	15.7	13.3	150.2	70.0	91.6	25.6	6.5	3.4	383.2
1991	2.5	6.2	0.0	0.0	4.4	5.8	111.3	104.7	87.8	0.2	15.1	36.6	374.6
1992	59.2	15.2	1.7	6.0	88.3	7.3	30.9	53.2	33.8	0.3	3.5	0.6	300.0
1993	4.2	1.1	0.0	0.2	0.6	40.7	78.4	36.4	56.9	8.4	4.7	0.0	231.6
1994	0.0	0.0	6.0	4.0	4.0	7.1	13.8	7.0	13.5	21.5	1.0	34.5	112.4
1995	0.0	11.2	0.0	0.0	2.5	18.0	44.3	16.7	63.6	8.3	3.0	4.0	171.6
1996	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.4	58.7	117.9	26.9	9.4	13.5	0.0	264.8
1997	2.0	4.7	5.4	3.0	55.0	2.0	94.4	17.4	42.0	0.0	2.0	5.5	233.4
1998	0.0	0.0	inap.	0.0	0.0	2.5	68.7	25.7	4.0	25.2	17.0	1.0	144.1
1999	0.0	0.0	4.5	0.0	9.2	121.0	86.7	40.5	45.0	0.0	0.0	0.0	306.9
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	46.0	39.5	22.1	8.3	45.8	13.5	0.0	184.7
2001	0.5	0.0	2.5	2.9	3.3	5.2	61.0	43.0	2.3				120.7
PROM	7.7	5.2	2.7	5.1	13.2	32.3	68.8	71.1	62.8	18.4	6.1	7.4	299.99

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Fco. I. Madero
CORRIENTE: San Pedro
CUENCA: Río San Juan

CLAVE: 24218
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1944								201	869	45	101	188	140.4
1945	4.0	0.0	0.0	4.1	0.0	7.5	95.9	14.0	0.3	47.1	0.0	0.2	173.1
1946	19.1	0.0	3.8	3.2	0.2	11.6	27.8	119.1	45.3	23.9	0.0	16.0	270.0
1947	18.0	0.0	0.0	0.0	1.4	13.7	84.6	184.6	33.3	12.0	10.5	22.2	380.3
1948	1.0	0.0	0.0	7.6	7.0	25.3	17.4	16.5	13.5	28.7	8.9	1.7	127.6
1949	14.3	0.5	0.0	3.1	1.0	3.0	93.5	47.7	73.3	34.9	0.0	15.4	286.7
1950	6.7	0.0	6.8	8.0	2.3	45.8	28.4	13.5	71.2	0.4	0.0	0.0	183.1
1951	0.0	0.3	4.4	0.0	1.3	16.0	41.7	6.2	3.5	0.3	0.0	5.5	79.2
1952	0.0	0.0	0.0	4.6	16.6	58.7	89.4	5.4	17.3	0.0	5.3	5.6	202.9
1953	0.0	0.0	0.0	0.2	5.7	14.1	46.9	30.9	58.6	17.0	0.0	1.1	174.5
1954	0.0	0.7	0.0	6.7	1.8	6.1	47.7	112.1	25.8	7.7	0.0	0.5	209.1
1955	7.3	0.0	0.0	0.0	3.1	39.4	52.1	92.9	10.2	18.6	2.1	0.0	225.7
1956	17.7	0.7	0.0	0.0	9.5	29.7	50.5	33.8	21.1	0.6	3.5	0.1	167.2
1957	1.6	5.7	2.0	2.5	31.4	1.0	57.4	75.9	13.0	14.8	0.5	0.2	206.0
1958	41.6	10.8	0.5	0.2	12.0	21.2	48.0	34.7	22.1	98.8	2.8	10.0	506.7
1959	0.0	0.4	0.0	32.7	7.5	21.5	39.9	72.9	18.1	5.0	24.5	21.0	243.5
1960	15.2	1.0	0.0	0.0	0.0	7.0	68.3	126.7	3.2	14.5	37.6	23.0	296.5
1961	19.8	5.0	0.0	2.5	12.0	71.8	51.5	39.8	18.4	27.0	2.1	0.0	249.9
1962	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	106.2	14.3	68.5	60.9	0.5	6.2	259.2
1963	0.5	0.0	0.0	8.8	11.7	26.6	74.6	69.5	39.5	21.5	16.0	0.0	268.7
1964	0.0	0.0	0.0	3.5	30.2	42.4	13.5	97.1	128.2	13.5	0.0	29.9	358.3
1965	4.0	14.5	0.5	0.0	9.7	16.2	4.9	42.5	54.5	0.5	0.5	27.7	175.5
1966	0.0	0.7	0.0	21.0	10.5	50.8	13.7	125.2	57.9	16.5	11.5	0.0	307.8
1967	0.4	1.0	2.0	0.0	0.0	94.7	28.3	51.2	76.9	5.9	1.7	4.9	267.0
1968	4.1	17.1	7.3	42.5	0.6	19.7	250.7	183.1	89.9	8.0	1.4	13.0	637.4
1969	1.5	3.3	0.0	0.0	1.5	7.3	75.8	43.8	38.8	38.2	1.2	5.2	216.6
1970	1.0	14.1	8.0	6.9	2.3	62.0	53.5	24.5	134.0	1.0	0.0	1.7	309.0
1971	0.0	0.0	0.0	3.0	24.0	19.7	31.5	93.2	30.7	97.5	0.0	8.4	308.0
1972	7.0	0.0	1.5	0.0	33.5	32.3	20.1	107.8	164.0	8.0	27.0	0.0	401.2
1973	3.0	28.0	0.0	0.9	9.0	0.0	172.0	137.9	5.7	5.0	0.0	0.0	361.5
1974	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	0.0	88.0	82.0	196.5	16.0	13.0	18.0	420.5
1975	2.7	7.0	0.0	0.0	0.0	5.5	135.2	23.3	39.5	6.0	0.0	3.0	222.2
1976	1.0	0.0	0.0	0.0	28.5	34.0	145.4	57.5	82.0	16.0	10.4	19.1	394.9
1977	6.0	0.0	0.0	4.0	3.0	88.1	88.0	27.5	35.5	67.2	0.0	0.0	319.3
1978	3.3	0.0	2.3	1.9	4.2	50.6	56.8	138.2	167.3	40.0	0.0	4.2	468.8
1979	13.0	1.0	4.0	10.0	28.0	37.7	24.8	115.2	36.3	0.0	0.8	2.9	273.7
1980	0.0	0.5	1.0	0.2	0.0	16.3	20.5	120.4	194.0	20.5	22.0	1.0	396.4
1981	39.0	5.3	17.8	62.2	5.5	53.4	47.0	79.8	87.9	89.0	0.0	0.0	486.9
1982	15.2	1.9	0.0	11.4	0.0	23.4	43.6	39.5	7.1	0.4	1.7	44.2	188.4
1983	3.8	0.0	30.0	1.3	8.0	26.5	9.7	74.4	64.0	30.0	31.0	0.0	278.7
1984	21.0	0.8	0.0	0.0	7.0	66.5	55.0	61.6	47.0	11.0	6.0	39.5	315.4
1985	28.5	9.3	5.0	8.2	0.7	54.5	123.8	29.5	68.5	14.0	1.5	0.0	343.5
1986	4.3	6.0	8.3	3.5	18.0	57.8	172.7	65.0	63.5	37.5	8.0	25.5	470.1
1987	0.0	1.0	0.0	62.5	50.0	30.0	114.5	76.5	62.3	6.0	0.0	0.0	402.8
1988	0.0	0.0	0.0	6.7	4.5	26.9	79.0	87.8	8.5	17.0	0.0	0.0	230.4
1989	6.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.5	74.0	5.0	7.0	0.0	10.0	154.5
1990	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	2.7	89.1	178.6	139.5	73.5	3.2	3.0	497.6
1991	10.5	4.0	0.0	0.0	0.0	6.5	111.5	41.5	54.5	0.0	21.5	33.7	283.7
1992	63.8	16.7	4.0	10.2	60.6	13.3	65.2	42.5	39.4	22.6	2.8	4.5	345.6
1993	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	41.0	42.9	31.5	37.4	7.7	7.0	1.5	179.5
1994	1.5	3.5	11.0	6.0	3.0	5.0	20.2	34.6	11.6	13.0	0.0	37.0	146.4
1995	0.0	9.8	2.0	0.0	0.0	44.1	16.4	17.7	75.2	1.5	3.0	0.0	169.7
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.8	53.5	82.6	57.3	7.8	19.5	0.0	309.5
1997	3.7	4.0	4.0	12.0	24.6	33.0	42.8	62.8	28.5	5.0	6.0	7.5	233.9
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	47.5	99.5	7.0	73.0	16.0	0.0	251.5
1999	0.0	0.0	7.5	0.0	2.5	21.5	58.0	47.0	30.0	0.0	0.0	0.0	166.5
2000	0.0	0.0	0.0	6.0	8.0	130.5	28.0	21.0	7.5	69.0	23.0	0.0	293.0
2001	5.0	0.5	2.0	2.0	18.5	1.7	74.9	43.5	5.0				153.1
PROM	7.5	3.3	2.4	6.5	9.2	30.4	64.7	67.1	56.6	22.5	6.4	8.6	282.57

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Las Burras
CORRIENTE: Río Conchos
CUENCA: Río Bravo

CLAVE: 24226
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	2.5	13.4	15.5	0.5	2.0	18.1	37.5	38.7	130.2	45.0	0.0	3.0	306.4
1971	0.0	0.0	0.0	8.1	12.9	20.0	58.9	69.1	48.3	133.2	0.0	8.1	358.6
1972	3.3	0.0	0.0	0.0	45.0	18.1	177.1	83.3	80.4	8.6	23.2	0.3	439.3
1973	5.4	40.1	1.3	2.8	14.2	5.6	122.0	118.2	3.6	4.8	0.0	0.0	318.0
1974	0.0	0.0	5.1	2.8	3.8	0.5	72.6	87.5	246.6	21.6	16.1	15.9	472.5
1975	5.7	6.3	0.4	0.0	1.7	7.1	82.3	36.0	67.5	1.4	0.0	4.5	212.9
1976	2.8	0.0	0.0	1.5	36.9	56.6	107.6	83.8	83.5	9.5	19.3	19.7	421.2
1977	4.7	0.0	0.0	2.2	5.7	66.2	114.8	33.6	8.4	54.0	0.5	0.0	290.1
1978	4.4	0.7	0.2	0.8	11.2	14.1	68.9	98.4	145.4	67.0	10.5	9.0	430.6
1979	6.0	3.5	2.6	4.1	47.4	62.5	58.1	61.5	38.3	0.0	3.8	3.9	291.7
1980	2.0	1.3	0.5	0.3	8.0	21.3	37.4	137.1	167.7	8.7	38.1	0.0	422.4
1981	47.2	0.5	12.5	51.5	13.0	71.6	53.8	79.8	46.2	62.2	0.0	0.0	438.3
1982	20.0	9.0	0.0	13.0	0.2	3.6	66.8	45.1	3.2	0.0	1.0	22.8	184.7
1983	7.9	4.3	6.4	3.1	7.1	24.1	15.8	100.2	50.4	23.5	21.9	0.0	264.7
1984	28.0	1.2	0.0	0.0	10.9	166.5	60.4	74.4	19.9	8.6	8.0	32.6	410.5
1985	35.6	19.0	4.0	18.4	10.5	45.5	56.2	26.4	60.3	11.0	2.0	0.0	288.9
1986	6.0	4.0	1.0	0.0	38.0	40.9	65.0	75.5	60.3	52.0	8.5	40.3	391.5
1987	0.0	0.0	0.0	105.3	42.0	27.4	127.9	45.5	95.7	17.1	0.0	0.0	460.9
1988	2.0	0.0	0.0	3.3	3.0	57.0	160.5	47.3	18.8	35.0	0.0	5.0	331.9
1989	5.0	7.0	3.0	0.0	2.0	12.0	63.0	83.0	0.0	25.0	0.0	6.2	206.2
1990	0.0	7.0	0.0	0.0	4.0	18.0	114.0	123.0	170.0	67.5	4.0	1.0	508.5
1991	22.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	214.0	75.2	56.5	1.0	17.0	17.5	414.2
1992	55.0	32.0	2.9	0.0	77.5	4.3	18.0	67.0	13.5	14.0	6.0	0.0	290.2
1993	0.1	0.1	0.0	1.0	9.8	27.0	79.6	61.0	121.3	0.9	1.0	1.0	302.8
1994	4.0	0.0	13.1	1.0	0.0	20.1	14.5	18.0	41.6	9.4	0.0	29.5	151.2
1995	0.0	3.0	0.0	0.0	4.3	33.2	25.3	36.0	27.2	2.5	5.3	2.7	139.5
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.5	23.0	80.0	58.0	0.2	18.0	0.0	219.7
1997	0.4	6.5	7.5	11.5	12.0	15.0	30.5	72.0	15.0	0.0	8.0	13.0	191.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	42.0	50.5	10.0	62.1	6.5	0.0	177.1
1999	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	11.0	55.3	25.4	10.0	0.0	0.0	0.0	105.7
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	129.3	61.0	76.5	3.0	44.0	23.5	0.0	348.8
2001	7.0	2.0	0.0	5.5	3.0	0.0	59.0	48.5	6.5				131.5
PROM	8.7	5.4	2.5	7.4	13.7	32.6	73.2	67.4	59.6	25.5	7.8	7.6	310.06

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
 DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Chuviscar
 CORRIENTE: Río Chuviscar
 CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24331
 REGION: 24 Bravo
 ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1968					0.2	5.8	184.0	38.0	112.0	5.0	0.1	8.0	353.1
1969	0.3	0.1	0.0	0.1	0.7	0.1	83.1	10.4	47.0	23.0	6.0	7.0	177.8
1970	0.2	33.4	0.1	0.3	0.1	44.0	21.0	59.8	105.5	3.8	0.0	8.0	276.2
1971	0.0	0.1	0.2	0.0	2.8	4.6	67.0	85.0	47.0	96.0	0.0	23.0	325.7
1972	15.0	0.1	0.1	0.0	29.0	102.0	85.7	111.0	86.0	27.0	43.0	0.0	498.9
1973	0.1	31.0	9.0	0.1	14.0	35.0	148.4	78.0	38.5	16.0	0.0	8.0	378.1
1974	0.1	0.1	6.0	44.0	5.0	0.1	68.0	130.5	137.5	4.0	19.0	11.5	425.8
1975	1.0	2.5	0.0	0.0	1.5	1.5	197.0	81.0	90.0	0.1	0.0	15.0	389.6
1976	0.1	0.0	0.0	4.0	27.5	26.0	189.5	4.5	45.0	41.0	28.5	23.0	389.1
1977	9.0	0.0	0.0	2.0	16.5	37.5	47.5	63.0	9.5	4.0	0.1	0.0	189.1
1978	0.1	0.1	0.1	0.1	29.0	6.0	53.0	121.0	170.5	9.5	0.1	0.1	389.6
1979	3.0	0.0	14.0	7.5	41.0	43.0	35.5	100.0	9.0	0.0	2.0	0.1	255.1
1980	0.1	2.0	1.0	0.1	12.5	4.5	17.0	77.5	143.0	52.0	10.0	0.1	319.8
1981	24.0	7.0	7.0	24.5	28.0	33.5	23.0	36.5	37.5	112.5	9.0	9.5	352.0
1982	4.5	8.5	0.0	5.5	3.0	20.0	88.5	25.5	19.5	0.0	14.0	19.0	208.0
1983	19.0	1.0	1.0	0.1	10.0	3.0	10.0	92.0	25.0	18.0	17.0	0.0	196.1
1984	73.5	0.0	0.1	0.0	11.5	196.5	224.0	70.5	8.0	0.1	2.0	25.0	611.2
1985	24.0	7.5	1.5	10.0	2.0	13.0	17.0	20.0	138.5	10.0	0.1	0.0	243.6
1986	11.5	5.5	1.0	13.0	9.5	73.0	61.0	135.0	115.0	52.5	2.0	29.0	508.0
1987	3.0	0.1	0.1	27.0	89.0	36.0	136.5	78.0	115.0	1.0	0.0	0.0	485.7
1988	0.0	0.1	0.1	5.0	0.1	68.5	155.0	73.5	3.0	1.0	0.0	3.0	309.3
1989	0.5	1.1	4.0	0.1	0.0	29.2	47.0	144.6	20.2	4.0	22.2	9.1	282.0
1990	0.0	7.1	0.4	0.0	6.2	1.7	147.8	52.8	82.0	34.3	3.7	2.0	338.0
1991	0.2	13.1	0.0	0.2	4.0	18.5	178.2	187.5	123.6	4.2	5.5	48.9	583.9
1992	69.3	6.3	4.8	3.8	91.0	18.0	24.2	39.5	37.8	5.8	2.5	5.5	308.5
1993	10.8	0.0	0.8	4.5	17.0	48.0	137.0	29.0	155.5	2.5	4.0	0.0	409.1
1994	0.0	0.0	0.0	1.0	37.0	0.0	2.0	26.0	51.0	0.0	0.0	0.0	117.0
1995	0.0	5.0	0.0	0.0	1.5	0.3		79.5	75.5	0.0	13.4	12.5	187.7
1996	19.5	0.0	0.0	0.0	3.5	52.0	74.0	126.0	107.8	27.5	0.5	0.0	410.8
1997	2.0	2.0	16.5	4.0	37.0	11.0	40.0	28.0	25.0	0.0	5.5	22.5	193.5
1998	0.0	1.0	4.0	0.0	inap.	66.0	21.9	76.5	7.0	66.0	21.0	0.0	263.4
1999	0.0	0.0	3.0	0.0	7.0	59.5	116.3	25.0	5.0	0.0	0.0	0.5	216.3
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	96.5	90.5	90.5	50.0	78.0	39.5	0.0	487.0
2001	9.0	0.0	5.0	31.5	12.0	0.0	87.5						145.0
PROM	9.1	4.1	2.4	5.7	17.9	34.0	87.2	72.6	68.0	21.2	8.2	8.8	330.12

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: El Granero
CORRIENTE: Río Conchos
CUENCA: Río Bravo

CLAVE: 24339
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	1.9	4.4	1.3	0.1	45.1	5.4	16.0	126.8	25.7	19.1	0.1	1.0	246.9
1958	33.0	8.6	0.1	0.1	9.0	11.7	65.8	44.1	227.5	64.8	0.1	9.0	473.8
1959	0.1	4.0	0.1	37.5	3.1	32.5	22.0	99.9	17.4	7.7	8.8	23.2	256.3
1960	17.9	7.5	0.0	0.1	0.1	4.7	102.0	70.7	4.7	6.3	34.1	20.4	268.5
1961	25.1	4.1	0.1	1.5	1.3	54.5	55.0	50.0	17.1	17.6	3.0	0.1	229.4
1962	1.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	91.6	51.0	62.5	67.5	1.6	8.8	284.3
1963	1.0	0.1	2.0	9.5	14.0	27.5	71.5	81.0	44.5	19.5	10.5	0.1	281.2
1964	2.0	0.1	0.1	0.5	27.2	29.5	12.0	44.0	57.5	13.5	0.1	39.3	225.8
1965	7.0	11.0	0.1	0.1	19.5	9.0	5.0	63.0	33.8	0.0	0.1	32.0	180.6
1966	0.1	0.1	0.5	21.5	26.5	100.5	61.5	56.8	32.7	16.8	0.0	0.0	317.0
1967	0.1	1.4	14.0	0.1	0.1	78.9	38.1	72.6	68.0	2.1	0.2	3.6	279.2
1968	13.5	15.3	18.6	34.9	1.8	6.0	239.9	119.2	122.5	3.7	5.2	8.0	588.6
1969	4.0	5.4	0.0	1.0	6.1	18.5	68.6	20.2	51.3	17.5	3.0	1.0	196.6
1970	0.1	27.5	28.0	12.0	1.2	39.3	15.5	23.0	151.1	7.0	0.0	6.0	310.7
1971	0.1	0.0	0.0	10.5	19.0	27.0	61.0	25.0	14.8	72.0	0.0	11.0	240.4
1972	5.0	0.0	0.1	0.0	36.0	17.5	52.5	116.5	129.5	5.0	25.5	0.1	387.7
1973	0.0	20.5	0.1	3.0	9.2	2.0	93.5	106.0	4.5	3.5	0.0	0.0	242.3
1974	0.1	0.0	1.0	4.5	2.0	0.1	100.5	92.0	113.0	9.0	13.7	16.1	352.0
1975	3.0	6.8	0.0	0.0	0.1	11.0	93.8	22.5	33.0	6.0	0.0	1.5	177.7
1976	2.5	0.0	0.0	0.1	30.0	32.5	102.8	35.4	68.5	15.0	14.0	11.5	312.3
1977	5.0	0.0	0.0	7.0	3.0	45.0	32.5	17.6	10.5	56.7	1.0	0.0	178.3
1978	0.0	0.1	0.3	0.0	12.0	29.5	39.5	64.5	171.0	53.0	0.0	3.0	372.9
1979	0.1	0.5	1.5	20.0	18.0	46.3	39.0	102.5	49.0	0.0	1.0	0.5	278.4
1980	0.1	0.3	0.5	3.0	0.1	24.3	18.0	87.0	189.5	30.0	26.5	1.0	380.3
1981	40.0	2.0	14.2	44.3	0.5	42.5	86.0	95.0	55.0	61.0	0.0	0.1	440.6
1982	17.0	0.1	0.0	17.0	0.2	8.0	35.0	72.0	31.0	0.1	2.0	38.0	220.4
1983	10.2	0.1	17.5	1.0	4.5	1.5	6.5	70.5	43.5	41.5	92.5	0.0	289.3
1984	25.5	1.0	0.0	0.0	17.7	88.0	108.0	69.0	60.5	16.0	9.5	31.0	426.2
1985	28.0	13.0	4.0	46.3	17.5	60.5	95.5	25.5	54.5	23.5	2.0	0.0	370.3
1986	3.0	7.0	2.5	0.1	33.0	25.0	74.0	46.0	98.7	22.0	17.5	33.5	362.3
1987	3.5	1.5	0.1	86.5	54.0	35.0	77.0	91.0	97.0	17.0	0.1	0.1	462.8
1988	1.0	0.1	0.1	9.5	2.0	97.5	87.3	111.5	26.0	20.0	0.0	4.0	359.0
1989	3.5	9.5	1.5	0.1	0.5	10.6	40.1	79.1	1.3	216.9	1.0	12.9	377.0
1990	0.2	5.2	0.2	1.4	7.3	1.1	141.2	144.6	209.2	79.5	4.7	0.8	595.4
1991	10.3	6.4	0.0	0.0	0.2	3.1	140.4	71.2	47.1	0.0	18.5	38.0	335.2
1992	75.9	22.9	2.6	9.4	64.9	8.7	15.2	57.6	32.0	3.5	8.3	5.9	306.9
1993	5.5	2.8	0.2	0.5	2.1	19.4	123.7	90.8	97.5	8.6	1.7	2.4	355.2
1994	0.0	1.5	12.0	2.0	2.5	2.0	8.5	4.5	24.5	9.0	0.0	32.0	98.5
1995	0.5	3.5	1.0	0.0	4.0	49.5	35.5	30.5	55.5	0.5	4.0	0.5	185.0
1996	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	123.5	33.5	95.0	41.0	5.5	18.0	0.0	325.0
1997	4.0	8.0	12.5	17.0	24.5	20.0	54.0	24.0	53.5	13.5	4.5	11.0	246.5
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	14.5	43.0	48.5	84.5	12.5	0.0	205.0
1999	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0	34.0	41.0	67.0	10.0	0.0	0.0	0.0	164.0
2000	0.0	0.0	0.0	2.0	7.5	122.5	16.5	28.0	9.5	74.5	19.0	0.0	279.5
2001	7.0	0.0	4.5	1.0	17.0	9.0	51.1	43.8	1.5				134.9
PROM	8.1	4.5	3.3	9.0	12.2	31.5	61.8	65.6	62.2	27.5	8.3	9.3	302.23

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Puente FFCC

CORRIENTE: Río Florido

CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24280

REGION: 24 Bravo

ESTADO: Durango

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964										8.1	0.0	21.0	29.1
1965	4.0	9.0	0.0	0.0	6.5	31.9	11.1	38.7	104.8	0.0	2.8	10.5	219.3
1966	0.0	1.0	0.0	14.5	7.6	98.6	4.1	73.4	80.0	10.6	0.0	0.0	289.8
1967	0.0	4.7	18.5	0.0	0.0	45.6	40.3	94.5	33.3	19.7	0.0	2.1	258.7
1968	7.0	10.4	3.5	27.7	0.0	0.0	101.5	68.3	15.5	1.0	16.3	0.0	251.2
1969	1.0	0.3	0.0	4.5	0.0	15.0	57.4	9.2	52.9	15.1	7.3	2.7	165.4
1970	0.9	8.5	10.3	0.0	0.0	15.6	57.3	28.4	101.6	26.2	0.0	3.0	251.8
1971	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	6.4	36.3	75.1	62.7	70.5	0.0	3.0	255.0
1972	0.0	0.4	0.0	0.0	21.5	61.9	39.7	189.8	42.4	2.0	10.4	0.0	368.1
1973	3.9	4.8	0.0	0.3	34.9	0.1	233.3	30.6	3.0	0.0	0.0	0.0	310.9
1974	0.0	0.0	5.5	6.9	0.0	0.0	47.2	101.4	198.6	19.3	24.0	5.5	408.4
1975	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	9.3	9.4	21.5	0.0	0.0	1.0	43.4
1976	0.0	0.0	0.0	0.5	15.0	8.6	83.6	10.8	71.3	0.0	19.5	60.2	269.5
1977	0.0	0.0	0.5	18.0	0.0	77.0	140.3	67.0	24.0	37.0	0.0	0.0	363.8
1978	1.0	2.0	10.0	0.0	64.0	57.4	38.0	195.0	153.0	63.5	10.0	8.0	601.9
1979	5.5	4.0	0.0	3.0	14.7	43.4	24.0	57.4	39.0	0.0	4.6	3.1	198.7
1980	2.0	0.6	0.0	0.3	2.2	14.1	7.5	189.8	122.2	5.0	30.0	1.8	375.5
1981	26.5	0.7	11.6	38.3	28.1	60.4	36.3	118.7	88.7	62.2	0.0	0.0	471.5
1982	35.0	12.0	0.0	8.3	16.9	9.4	45.2	24.8	2.7	0.0	5.5	33.7	193.5
1983	9.2	17.5	7.2	4.0	12.7	17.9	19.8	47.3	26.2	24.4	38.3	0.0	224.5
1984	17.6	0.0	0.0	0.0	48.5	89.4	26.1	110.0	16.5	11.1	16.8	36.3	372.3
1985	29.9	8.5	3.0	11.5	14.6	24.2	63.9	42.4	68.2	70.4	1.4	0.0	338.0
1986	11.0	2.1	0.5	0.0	3.1	152.2	75.0	56.6	44.6	81.2	19.1	38.0	483.4
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	62.5	124.6	59.3	43.0	31.7	0.3	3.5	344.7
1988	1.9	0.0	0.0	19.2	0.0	5.5	99.9	64.0	10.0	21.1	0.0	4.1	225.7
1989	7.8	5.5	2.1	0.0	18.3	13.5	54.0	117.1	2.3	0.0	0.0	0.0	220.6
1990	0.0	5.0	2.5	2.0	7.6	0.0	152.3	140.0	54.0	53.1	3.7	2.9	423.1
1991	14.2	7.6	0.0	0.0	15.1	3.9	264.3	50.3	124.4	0.0	8.8	35.3	523.9
1992	22.7	28.5	0.0	1.9	85.5	7.6	18.6	26.2	45.8	20.0	12.8	1.8	271.4
1993	6.4	0.0	0.0	14.5	0.0	18.8	97.1	66.3	42.0	11.5	0.0	2.0	258.6
1994	9.0	1.3	13.4	1.0	18.3	22.5	20.3	2.7	27.9	3.9	0.5	42.0	162.8
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	95.7	11.4	34.5	68.7	7.5	3.5	5.0	228.3
1996	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	36.4	19.3	161.4	47.0	0.0	13.4	0.0	278.5
1997	1.0	26.0	11.3	12.5	29.4	4.5	102.5	92.5	24.5	8.9	10.5	23.5	347.1
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	37.0	71.0	6.5	76.5	4.1	1.0	210.1
1999	0.0	0.0	4.0	1.5	6.5	2.5	116.5	62.0	6.5	0.0	0.0	6.6	206.1
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	97.5	54.5	63.5	0.5	110.0	35.5	4.0	367.5
2001	4.5	3.5	6.5	35.5	7.0	10.5	61.5	61.0	0.7				190.7
PROM	6.0	4.5	3.0	6.2	13.6	33.1	65.7	73.3	50.7	23.6	8.1	9.8	289.55

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Llanitos
CORRIENTE: Río Balleza
CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24400
REGION: 24 Bravo
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	1.0	6.0	1.0	0.0	44.5	8.0	58.6	32.5	3.0	46.5	0.0	0.0	201.1
1958	24.0	2.0	0.0	0.0	20.5	17.0	46.0	34.2	176.5	109.0	55.0	35.0	519.2
1959	45.0	10.0	0.0	16.0	38.0	19.0	47.0	116.0	11.0	4.0	2.0	14.6	322.6
1960	14.0	3.0	0.0	0.0	0.0	9.0	105.0	117.0	23.0	27.0	20.0	16.0	334.0
1961	33.0	2.0	0.0	4.0	6.0	48.0	119.0	52.0	52.0	34.0	0.1	0.0	350.1
1962	3.0	0.0	0.1	0.0	0.1	3.0	149.0	32.0	64.0	46.0	0.5	0.0	297.7
1963	1.0	2.0	0.1	18.5	17.0	34.0	9.0	105.0	68.0	10.0	1.0	0.0	265.6
1964	0.1	0.1	1.5	0.1	34.3	98.6	31.3	52.0	70.2	3.0	0.1	13.5	304.8
1965	2.0	7.6	0.1	0.1	10.8	34.3	35.6	50.5	78.8	0.0	1.0	27.7	248.5
1966	0.1	1.3	0.1	14.4	29.8	55.0	20.6	95.6	156.0	16.3	16.4	0.0	405.6
1967	1.0	4.9	20.2	0.1	2.8	140.4	10.9	78.9	136.8	19.5	0.1	12.0	427.6
1968	11.9	28.0	30.0	33.0	5.0	11.1	238.8	106.8	67.3	28.2	0.1	14.0	574.2
1969	2.0	15.0	0.0	1.0	0.1	16.5	74.5	14.6	42.5	12.5	7.8	6.0	192.5
1970	3.0	25.6	5.0	0.1	0.1	33.0	28.8	49.0	144.0	1.0	0.1	0.1	289.8
1971	0.1	0.1	0.0	1.0	15.0	58.7	66.0	70.5	37.5	68.5	0.0	11.0	328.4
1972	14.5	0.1	0.1	0.0	15.5	64.5	57.4	81.0	78.5	11.5	47.0	1.0	371.1
1973	0.1	52.5	0.1	4.0	26.2	17.0	91.7	156.0	4.0	1.0	0.0	8.0	360.6
1974	0.1	0.0	10.5	4.0	1.0	1.0	88.6	140.5	116.7	0.1	16.0	16.0	394.5
1975	3.0	8.0	0.1	0.1	0.1	17.5	122.2	56.1	17.5	4.0	0.0	3.0	231.6
1976	0.1	0.0	0.0	1.0	32.0	36.0	173.0	16.5	130.0	37.0	25.0	10.0	460.6
1977	2.0	0.0	0.0	2.0	6.0	56.2	125.5	30.0	2.0	56.0	0.0	0.1	279.8
1978	5.0	0.1	0.1	1.0	9.0	42.0	71.0	152.0	257.0	44.5	0.1	3.0	584.8
1979	16.0	4.0	11.0	10.0	29.5	71.5	40.0	117.0	35.5	0.0	6.0	2.0	342.5
1980	0.1	0.1	1.0	0.1	2.0	2.0	36.0	112.0	264.5	32.0	25.5	3.0	478.3
1981	48.5	9.0	2.5	28.0	33.0	91.3	64.5	83.8	77.4	83.6	0.0	6.4	528.0
1982	21.5	1.4	0.1	8.0	0.1	23.0	114.5	29.3	19.9	0.1	15.3	17.9	251.1
1983	13.4	0.1	9.1	0.1	12.5	2.0	15.8	110.8	47.9	19.7	26.3	0.1	257.8
1984	47.2	0.1	0.1	0.0	10.4	112.2	103.6	73.9	32.5	21.0	3.0	33.0	437.0
1985	43.5	11.9	2.0	21.2	14.5	37.0	74.2	55.5	104.1	4.4	5.0	0.0	373.3
1986	6.5	7.0	2.0	2.5	15.0	63.4	76.0	89.5	32.5	40.5	7.0	28.5	370.4
1987	4.5	0.1	0.1	58.2	56.0	37.5	125.5	181.7	40.8	2.0	1.0	1.5	508.9
1988	0.1	0.1	0.1	6.5	0.1	59.0	100.0	96.9	46.8	27.5	0.0	3.0	340.1
1989	0.7	5.0	10.0	0.1	0.6	9.1	33.9	128.2	16.4	36.7	7.9	14.6	263.2
1990	0.4	2.5	2.3	0.4	5.2	17.9	130.4	120.1	119.8	32.8	5.6	5.5	442.9
1991	3.3	11.4	0.1	0.2	6.3	11.4	283.1	75.7	88.7	2.2	20.1	49.5	552.0
1992	62.0	7.4	2.4	4.5	63.2	9.0	41.5	70.0	45.6	2.1	6.7	1.0	315.4
1993	4.5	4.0	0.0	0.0	3.9	42.0	88.0	53.9	107.0	12.0	5.8	0.0	321.1
1994	0.0	0.0	15.5	1.5	6.0	33.0	24.5	18.0	31.5	18.0	2.0	33.0	183.0
1995	0.0	16.0	0.0	3.0	5.0	21.0	35.0	41.0	60.5	40.0	7.7	5.0	234.2
1996	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.0	42.6	72.0	40.7	8.0	15.5	0.0	275.8
1997	4.5	2.5	26.0	7.0	33.0	14.5	103.4	36.5	42.0	0.0	4.5	7.5	281.4
1998	0.0	0.0	inap.	0.0	0.0	3.5	44.0	42.5	23.2	47.5	29.5	0.0	190.2
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5	24.0	93.5	79.0	4.0	0.0	0.0	0.0	214.0
2000	0.0	0.0	0.0	0.5	22.5	56.0	34.0	40.0	13.0	44.7	14.0	0.0	224.7
2001	1.0	0.0	6.0	5.0	27.5	4.5	63.0	70.0	7.0				184.0
PROM	10.1	5.6	3.6	5.7	15.0	36.7	78.6	76.4	67.5	24.0	9.1	9.1	340.31

ANEXO C: Cálculo de los coeficientes para la ecuación de déficit

$$D = (A^\alpha)(Lcp^\beta)(Scp^\delta)(N^\delta)(PMA^\epsilon)(Ti^\varphi)(C)$$

PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

Identificación de los exponentes adimensionales

α = Relacionado con el área de aportación de la cuenca

β = Relacionado con la longitud del cauce principal

λ = Relacionado con la pendiente del cauce principal

δ = Relacionado con el número de curva

z = Relacionado con la precipitación media anual

ψ = Relacionado con periodo de retorno

$C = \text{Constante}$

VALORES FISIOLÓGICOS Y DÉFICIT HÍDRICO RELACIONADO A UN PERÍODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$\text{TR_002} = \begin{pmatrix} 67128 & 871 & 0.0019 & 22.054 & 263.06 & 2 \\ 333 & 31 & 0.0091 & 22.054 & 488.19 & 2 \\ 7770 & 214 & 0.0055 & 22.054 & 343.72 & 2 \\ 9557 & 215 & 0.0060 & 22.054 & 299.99 & 2 \\ 10059 & 248 & 0.0049 & 22.054 & 282.57 & 2 \\ 55377 & 595 & 0.0016 & 22.054 & 310.06 & 2 \\ 854 & 55 & 0.0144 & 22.054 & 330.12 & 2 \\ 57819 & 679 & 0.0016 & 22.054 & 302.23 & 2 \\ 1162 & 63 & 0.0096 & 22.054 & 289.55 & 2 \\ 1581 & 88 & 0.0100 & 22.054 & 340.31 & 2 \end{pmatrix}$$

VALORES FISIOGRAFICOS Y DÉFICIT HÍDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

TR_005 :=	DEF_005 :=
67128 871 0.0019 22.054 263.06 5	512.10
333 31 0.0091 22.054 488.19 5	15.42
7770 214 0.0055 22.054 343.72 5	122.16
9557 215 0.0060 22.054 299.99 5	230.39
10059 248 0.0049 22.054 282.57 5	187.91
55377 595 0.0016 22.054 310.06 5	352.45
854 55 0.0144 22.054 330.12 5	4.23
57819 679 0.0016 22.054 302.23 5	464.10
1162 63 0.0096 22.054 289.55 5	160.62
1581 88 0.0100 22.054 340.31 5	89.40

VALORES FISIOGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

TR_010 :=	(67128 871 0.0019 22.054 263.06 10)	DEF_010 :=	(632.99)
	(333 31 0.0091 22.054 488.19 10)		(16.56)
	(7770 214 0.0055 22.054 343.72 10)		(129.88)
	(9557 215 0.0060 22.054 299.99 10)		(246.24)
	(10059 248 0.0049 22.054 282.57 10)		(218.74)
	(55377 595 0.0016 22.054 310.06 10)		(589.76)
	(854 55 0.0144 22.054 330.12 10)		(4.50)
	(57819 679 0.0016 22.054 302.23 10)		(628.28)
	(1162 63 0.0096 22.054 289.55 10)		(169.24)
	(1581 88 0.0100 22.054 340.31 10)		(98.90)

VALORES FISIOGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

TR_020 :=	(67128 871 0.0019 22.054 263.06 20)	DEF_020 :=	(778.28)
	(333 31 0.0091 22.054 488.19 20)		(17.88)
	(7770 214 0.0055 22.054 343.72 20)		(137.55)
	(9557 215 0.0060 22.054 299.99 20)		(262.05)
	(10059 248 0.0049 22.054 282.57 20)		(255.23)
	(55377 595 0.0016 22.054 310.06 20)		(1013.58)
	(854 55 0.0144 22.054 330.12 20)		(4.68)
	(57819 679 0.0016 22.054 302.23 20)		(859.43)
	(1162 63 0.0096 22.054 289.55 20)		(177.92)
	(1581 88 0.0100 22.054 340.31 20)		(107.63)

VALORES FISIOGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

TR_050 :=	(67128 871 0.0019 22.054 263.06 50)	DEF_050 :=	(880.70)
	(333 31 0.0091 22.054 488.19 50)		(18.79)
	(7770 214 0.0055 22.054 343.72 50)		(142.16)
	(9557 215 0.0060 22.054 299.99 50)		(271.58)
	(10059 248 0.0049 22.054 282.57 50)		(280.87)
	(55377 595 0.0016 22.054 310.06 50)		(1430.92)
	(854 55 0.0144 22.054 330.12 50)		(4.74)
	(57819 679 0.0016 22.054 302.23 50)		(1046.29)
	(1162 63 0.0096 22.054 289.55 50)		(183.20)
	(1581 88 0.0100 22.054 340.31 50)		(112.43)

VALORES FISIOGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

TR_100 :=	(67128 871 0.0019 22.054 263.06 100)	DEF_100 :=	(978.00)
	(333 31 0.0091 22.054 488.19 100)		(19.67)
	(7770 214 0.0055 22.054 343.72 100)		(146.06)
	(9557 215 0.0060 22.054 299.99 100)		(279.67)
	(10059 248 0.0049 22.054 282.57 100)		(305.16)
	(55377 595 0.0016 22.054 310.06 100)		(1943.11)
	(854 55 0.0144 22.054 330.12 100)		(4.78)
	(57819 679 0.0016 22.054 302.23 100)		(1243.87)
	(1162 63 0.0096 22.054 289.55 100)		(187.73)
	(1581 88 0.0100 22.054 340.31 100)		(116.13)

Número de estaciones hidrométricas analizadas

$n = 10$

**Logaritmos de los valores
para un periodo de retorno de 2 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$Lcp_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{002}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores
para un periodo de retorno de 5 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$Lcp_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{005}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores
para un periodo de retorno de 10 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$L_{cp_010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$S_{cp_010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{010}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores
para un periodo de retorno de 20 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$L_{cp_020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$S_{cp_020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{020}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores
para un periodo de retorno de 50 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$Lcp_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{050}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores
para un periodo de retorno de 100 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$Lcp_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{100}, 0, 9, 0, 0))$

ARREGLO MATRICIAL
PERIODO DE RETORNO
2 AÑOS

$$M_{002} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{002} & \sum Lcp_{002} & \sum Scp_{002} & \sum N_{002} & \sum PMA_{002} & \sum Tr_{002} \\ \sum A_{002} & A_{002} \cdot A_{002} & A_{002} \cdot Lcp_{002} & A_{002} \cdot Scp_{002} & A_{002} \cdot N_{002} & A_{002} \cdot PMA_{002} & A_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum Lcp_{002} & Lcp_{002} \cdot A_{002} & Lcp_{002} \cdot Lcp_{002} & Lcp_{002} \cdot Scp_{002} & Lcp_{002} \cdot N_{002} & Lcp_{002} \cdot PMA_{002} & Lcp_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum Scp_{002} & Scp_{002} \cdot A_{002} & Scp_{002} \cdot Lcp_{002} & Scp_{002} \cdot Scp_{002} & Scp_{002} \cdot N_{002} & Scp_{002} \cdot PMA_{002} & Scp_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum N_{002} & N_{002} \cdot A_{002} & N_{002} \cdot Lcp_{002} & N_{002} \cdot Scp_{002} & N_{002} \cdot N_{002} & N_{002} \cdot PMA_{002} & N_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum PMA_{002} & PMA_{002} \cdot A_{002} & PMA_{002} \cdot Lcp_{002} & PMA_{002} \cdot Scp_{002} & PMA_{002} \cdot N_{002} & PMA_{002} \cdot PMA_{002} & PMA_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum Tr_{002} & Tr_{002} \cdot A_{002} & Tr_{002} \cdot Lcp_{002} & Tr_{002} \cdot Scp_{002} & Tr_{002} \cdot N_{002} & Tr_{002} \cdot PMA_{002} & Tr_{002} \cdot Tr_{002} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{002} = \begin{pmatrix} \sum Def_{002} \\ A_{002} \cdot Def_{002} \\ Lcp_{002} \cdot Def_{002} \\ Scp_{002} \cdot Def_{002} \\ N_{002} \cdot Def_{002} \\ PMA_{002} \cdot Def_{002} \\ Tr_{002} \cdot Def_{002} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL
PERIODO DE RETORNO
5 AÑOS

$$M_{005} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{005} & \sum Lcp_{005} & \sum Scp_{005} & \sum N_{005} & \sum PMA_{005} & \sum Tr_{005} \\ \sum A_{005} & A_{005} \cdot A_{005} & A_{005} \cdot Lcp_{005} & A_{005} \cdot Scp_{005} & A_{005} \cdot N_{005} & A_{005} \cdot PMA_{005} & A_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum Lcp_{005} & Lcp_{005} \cdot A_{005} & Lcp_{005} \cdot Lcp_{005} & Lcp_{005} \cdot Scp_{005} & Lcp_{005} \cdot N_{005} & Lcp_{005} \cdot PMA_{005} & Lcp_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum Scp_{005} & Scp_{005} \cdot A_{005} & Scp_{005} \cdot Lcp_{005} & Scp_{005} \cdot Scp_{005} & Scp_{005} \cdot N_{005} & Scp_{005} \cdot PMA_{005} & Scp_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum N_{005} & N_{005} \cdot A_{005} & N_{005} \cdot Lcp_{005} & N_{005} \cdot Scp_{005} & N_{005} \cdot N_{005} & N_{005} \cdot PMA_{005} & N_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum PMA_{005} & PMA_{005} \cdot A_{005} & PMA_{005} \cdot Lcp_{005} & PMA_{005} \cdot Scp_{005} & PMA_{005} \cdot N_{005} & PMA_{005} \cdot PMA_{005} & PMA_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum Tr_{005} & Tr_{005} \cdot A_{005} & Tr_{005} \cdot Lcp_{005} & Tr_{005} \cdot Scp_{005} & Tr_{005} \cdot N_{005} & Tr_{005} \cdot PMA_{005} & Tr_{005} \cdot Tr_{005} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{005} = \begin{pmatrix} \sum Def_{005} \\ A_{005} \cdot Def_{005} \\ Lcp_{005} \cdot Def_{005} \\ Scp_{005} \cdot Def_{005} \\ N_{005} \cdot Def_{005} \\ PMA_{005} \cdot Def_{005} \\ Tr_{005} \cdot Def_{005} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL
PERIODO DE RETORNO
10 AÑOS

$$M_{010} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{010} & \sum Lcp_{010} & \sum Scp_{010} & \sum N_{010} & \sum PMA_{010} & \sum Tr_{010} \\ \sum A_{010} & A_{010} A_{010} & A_{010} Lcp_{010} & A_{010} Scp_{010} & A_{010} N_{010} & A_{010} PMA_{010} & A_{010} Tr_{010} \\ \sum Lcp_{010} & Lcp_{010} A_{010} & Lcp_{010} Lcp_{010} & Lcp_{010} Scp_{010} & Lcp_{010} N_{010} & Lcp_{010} PMA_{010} & Lcp_{010} Tr_{010} \\ \sum Scp_{010} & Scp_{010} A_{010} & Scp_{010} Lcp_{010} & Scp_{010} Scp_{010} & Scp_{010} N_{010} & Scp_{010} PMA_{010} & Scp_{010} Tr_{010} \\ \sum N_{010} & N_{010} A_{010} & N_{010} Lcp_{010} & N_{010} Scp_{010} & N_{010} N_{010} & N_{010} PMA_{010} & N_{010} Tr_{010} \\ \sum PMA_{010} & PMA_{010} A_{010} & PMA_{010} Lcp_{010} & PMA_{010} Scp_{010} & PMA_{010} N_{010} & PMA_{010} PMA_{010} & PMA_{010} Tr_{010} \\ \sum Tr_{010} & Tr_{010} A_{010} & Tr_{010} Lcp_{010} & Tr_{010} Scp_{010} & Tr_{010} N_{010} & Tr_{010} PMA_{010} & Tr_{010} Tr_{010} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{010} = \begin{pmatrix} \sum Def_{010} \\ A_{010} Def_{010} \\ Lcp_{010} Def_{010} \\ Scp_{010} Def_{010} \\ N_{010} Def_{010} \\ PMA_{010} Def_{010} \\ Tr_{010} Def_{010} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL
PERIODO DE RETORNO
20 AÑOS

$$M_{020} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{020} & \sum Lcp_{020} & \sum Scp_{020} & \sum N_{020} & \sum PMA_{020} & \sum Tr_{020} \\ \sum A_{020} & A_{020} A_{020} & A_{020} Lcp_{020} & A_{020} Scp_{020} & A_{020} N_{020} & A_{020} PMA_{020} & A_{020} Tr_{020} \\ \sum Lcp_{020} & Lcp_{020} A_{020} & Lcp_{020} Lcp_{020} & Lcp_{020} Scp_{020} & Lcp_{020} N_{020} & Lcp_{020} PMA_{020} & Lcp_{020} Tr_{020} \\ \sum Scp_{020} & Scp_{020} A_{020} & Scp_{020} Lcp_{020} & Scp_{020} Scp_{020} & Scp_{020} N_{020} & Scp_{020} PMA_{020} & Scp_{020} Tr_{020} \\ \sum N_{020} & N_{020} A_{020} & N_{020} Lcp_{020} & N_{020} Scp_{020} & N_{020} N_{020} & N_{020} PMA_{020} & N_{020} Tr_{020} \\ \sum PMA_{020} & PMA_{020} A_{020} & PMA_{020} Lcp_{020} & PMA_{020} Scp_{020} & PMA_{020} N_{020} & PMA_{020} PMA_{020} & PMA_{020} Tr_{020} \\ \sum Tr_{020} & Tr_{020} A_{020} & Tr_{020} Lcp_{020} & Tr_{020} Scp_{020} & Tr_{020} N_{020} & Tr_{020} PMA_{020} & Tr_{020} Tr_{020} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{020} = \begin{pmatrix} \sum Def_{020} \\ A_{020} Def_{020} \\ Lcp_{020} Def_{020} \\ Scp_{020} Def_{020} \\ N_{020} Def_{020} \\ PMA_{020} Def_{020} \\ Tr_{020} Def_{020} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL
PERIODO DE RETORNO
50 AÑOS

$$M_{0.50} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{0.50} & \sum Lcp_{0.50} & \sum Scp_{0.50} & \sum N_{0.50} & \sum PMA_{0.50} & \sum Tr_{0.50} \\ \sum A_{0.50} & A_{0.50} A_{0.50} & A_{0.50} Lcp_{0.50} & A_{0.50} Scp_{0.50} & A_{0.50} N_{0.50} & A_{0.50} PMA_{0.50} & A_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum Lcp_{0.50} & Lcp_{0.50} A_{0.50} & Lcp_{0.50} Lcp_{0.50} & Lcp_{0.50} Scp_{0.50} & Lcp_{0.50} N_{0.50} & Lcp_{0.50} PMA_{0.50} & Lcp_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum Scp_{0.50} & Scp_{0.50} A_{0.50} & Scp_{0.50} Lcp_{0.50} & Scp_{0.50} Scp_{0.50} & Scp_{0.50} N_{0.50} & Scp_{0.50} PMA_{0.50} & Scp_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum N_{0.50} & N_{0.50} A_{0.50} & N_{0.50} Lcp_{0.50} & N_{0.50} Scp_{0.50} & N_{0.50} N_{0.50} & N_{0.50} PMA_{0.50} & N_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum PMA_{0.50} & PMA_{0.50} A_{0.50} & PMA_{0.50} Lcp_{0.50} & PMA_{0.50} Scp_{0.50} & PMA_{0.50} N_{0.50} & PMA_{0.50} PMA_{0.50} & PMA_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum Tr_{0.50} & Tr_{0.50} A_{0.50} & Tr_{0.50} Lcp_{0.50} & Tr_{0.50} Scp_{0.50} & Tr_{0.50} N_{0.50} & Tr_{0.50} PMA_{0.50} & Tr_{0.50} Tr_{0.50} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{0.50} = \begin{pmatrix} \sum Def_{0.50} \\ A_{0.50} Def_{0.50} \\ Lcp_{0.50} Def_{0.50} \\ Scp_{0.50} Def_{0.50} \\ N_{0.50} Def_{0.50} \\ PMA_{0.50} Def_{0.50} \\ Tr_{0.50} Def_{0.50} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL
PERIODO DE RETORNO
100 AÑOS

$$M_{100} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{100} & \sum Lcp_{100} & \sum Scp_{100} & \sum N_{100} & \sum PMA_{100} & \sum Tr_{100} \\ \sum A_{100} & A_{100} A_{100} & A_{100} Lcp_{100} & A_{100} Scp_{100} & A_{100} N_{100} & A_{100} PMA_{100} & A_{100} Tr_{100} \\ \sum Lcp_{100} & Lcp_{100} A_{100} & Lcp_{100} Lcp_{100} & Lcp_{100} Scp_{100} & Lcp_{100} N_{100} & Lcp_{100} PMA_{100} & Lcp_{100} Tr_{100} \\ \sum Scp_{100} & Scp_{100} A_{100} & Scp_{100} Lcp_{100} & Scp_{100} Scp_{100} & Scp_{100} N_{100} & Scp_{100} PMA_{100} & Scp_{100} Tr_{100} \\ \sum N_{100} & N_{100} A_{100} & N_{100} Lcp_{100} & N_{100} Scp_{100} & N_{100} N_{100} & N_{100} PMA_{100} & N_{100} Tr_{100} \\ \sum PMA_{100} & PMA_{100} A_{100} & PMA_{100} Lcp_{100} & PMA_{100} Scp_{100} & PMA_{100} N_{100} & PMA_{100} PMA_{100} & PMA_{100} Tr_{100} \\ \sum Tr_{100} & Tr_{100} A_{100} & Tr_{100} Lcp_{100} & Tr_{100} Scp_{100} & Tr_{100} N_{100} & Tr_{100} PMA_{100} & Tr_{100} Tr_{100} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{100} = \begin{pmatrix} \sum Def_{100} \\ A_{100} Def_{100} \\ Lcp_{100} Def_{100} \\ Scp_{100} Def_{100} \\ N_{100} Def_{100} \\ PMA_{100} Def_{100} \\ Tr_{100} Def_{100} \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES
TR = 2 AÑOS

$$M_{002} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 3.01 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 11.416 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 6.797 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -6.925 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 4.044 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 7.543 \\ 3.01 & 11.416 & 6.797 & -6.925 & 4.044 & 7.543 & 0.906 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_002} = \begin{pmatrix} 19.14 \\ 76.053 \\ 45.305 \\ -45.383 \\ 25.715 \\ 47.7 \\ 5.762 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES
TR = 5 AÑOS

$$M_{005} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 6.99 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 26.507 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 15.782 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -16.08 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 9.391 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 17.514 \\ 6.99 & 26.507 & 15.782 & -16.08 & 9.391 & 17.514 & 4.886 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_005} = \begin{pmatrix} 20.618 \\ 82.319 \\ 49.028 \\ -49.099 \\ 27.7 \\ 51.378 \\ 14.411 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES
TR = 10 AÑOS

$$M_{010} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 10 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 37.924 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 22.579 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -23.005 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 13.435 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 25.057 \\ 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 10 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_010} = \begin{pmatrix} 21.311 \\ 85.299 \\ 50.798 \\ -50.865 \\ 28.631 \\ 53.103 \\ 21.311 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES
TR = 20 AÑOS

$$M_{020} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 13.01 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 49.34 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 29.376 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -29.93 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 17.479 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 32.6 \\ 13.01 & 49.34 & 29.376 & -29.93 & 17.479 & 32.6 & 16.927 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{020}} = \begin{pmatrix} 22 \\ 88.287 \\ 52.571 \\ -52.635 \\ 29.556 \\ 54.817 \\ 28.622 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES
TR = 50 AÑOS

$$M_{050} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 16.99 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 64.431 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 38.361 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -39.084 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 22.825 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 42.571 \\ 16.99 & 64.431 & 38.361 & -39.084 & 22.825 & 42.571 & 28.865 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{050}} = \begin{pmatrix} 22.419 \\ 90.117 \\ 53.657 \\ -53.719 \\ 30.119 \\ 55.859 \\ 38.089 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES
TR = 100 AÑOS

$$M_{100} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 20 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 75.847 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 45.159 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -46.009 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 26.87 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 50.114 \\ 20 & 75.847 & 45.159 & -46.009 & 26.87 & 50.114 & 40 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{100}} = \begin{pmatrix} 22.781 \\ 91.704 \\ 54.598 \\ -54.659 \\ 30.606 \\ 56.761 \\ 45.562 \end{pmatrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$\text{coef_002} := \text{lsolve}(M_{002}, V_{tr_002})$$

$$\text{coef_002} = \begin{pmatrix} -15.859 \\ 0.139 \\ -0.188 \\ -0.868 \\ 17.567 \\ -3.164 \\ -2.416 \times 10^{-3} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C_{002} \\ \alpha_{002} \\ \beta_{002} \\ \lambda_{002} \\ \delta_{002} \\ \epsilon_{002} \\ \psi_{002} \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$\text{coef_005} := \text{lsolve}(M_{005}, V_{tr_005})$$

$$\text{coef_005} = \begin{pmatrix} -27.685 \\ 0.915 \\ -1.605 \\ -1.302 \\ 26.267 \\ -3.345 \\ 2.028 \times 10^{-4} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C_{005} \\ \alpha_{005} \\ \beta_{005} \\ \lambda_{005} \\ \delta_{005} \\ \epsilon_{005} \\ \psi_{005} \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$\text{coef_010} := \text{lsolve}(M_{010}, V_{tr_010})$$

$$\text{coef_010} = \begin{pmatrix} -48.057 \\ 1.7 \\ -3.019 \\ -1.595 \\ 41.316 \\ -3.439 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{matrix} C_{010} \\ \alpha_{010} \\ \beta_{010} \\ \lambda_{010} \\ \delta_{010} \\ \epsilon_{010} \\ \psi_{010} \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$\text{coef_020} := \text{Isolve}(\mathbf{M_020}, \mathbf{Vtr_020})$$

$$\text{coef_020} = \begin{pmatrix} -48.527 \\ 2.05 \\ -3.672 \\ -1.843 \\ 41.492 \\ -3.489 \\ -1.202 \times 10^{-5} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C_{020} \\ \alpha_{020} \\ \beta_{020} \\ \lambda_{020} \\ \delta_{020} \\ \epsilon_{020} \\ \psi_{020} \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$\text{coef_050} := \text{Isolve}(\mathbf{M_050}, \mathbf{Vtr_050})$$

$$\text{coef_050} = \begin{pmatrix} -68.756 \\ 2.775 \\ -4.995 \\ -2.099 \\ 56.589 \\ -3.631 \\ -2.351 \times 10^{-3} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C_{050} \\ \alpha_{050} \\ \beta_{050} \\ \lambda_{050} \\ \delta_{050} \\ \epsilon_{050} \\ \psi_{050} \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$\text{coef_100} := \text{Isolve}(\mathbf{M_100}, \mathbf{Vtr_100})$$

$$\text{coef_100} = \begin{pmatrix} -112.682 \\ 4.166 \\ -7.458 \\ -2.396 \\ 89.246 \\ -3.758 \\ -3.895 \times 10^{-4} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C_{100} \\ \alpha_{100} \\ \beta_{100} \\ \lambda_{100} \\ \delta_{100} \\ \epsilon_{100} \\ \psi_{100} \end{matrix}$$

ANEXO D: Cálculo de los déficit hídricos

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PEGUIS"

INFORMACIÓN FISIGRÁFICA E HIDROLÓGICA

A_t = Área de la cuenca, en km^2
 L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km
 S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional
 N_c = Número de curva, adimensional
 PMA = Precipitación media anual, en mm
 T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 67128$ $L_{cp} := 871$ $S_{cp} := 0.0019$
 $N_c := 22.054$ $PMA := 263.06$
 $Tr_{002} := 2$ $Tr_{005} := 5$ $Tr_{010} := 10$ $Tr_{020} := 20$ $Tr_{050} := 50$ $Tr_{100} := 100$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 366.877$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 562.849$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 628.297$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 772.777$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 810.113$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 669.67$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PARRAL"

INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

A_t = Área de la cuenca, en km^2
 L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km
 S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional
 N_c = Número de curva, adimensional
 PMA = Precipitación media anual, en mm
 T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_t := 333$ $L_{cp} := 31$ $S_{cp} := 0.0091$
 $N_c := 22.054$ $PMA := 488.19$
 $T_{r_002} := 2$ $T_{r_005} := 5$ $T_{r_010} := 10$ $T_{r_020} := 20$ $T_{r_050} := 50$ $T_{r_100} := 100$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 11.924$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 15.238$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 17.601$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 19.62$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 22.22$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 24.572$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 60.364$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 76.276$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 81.439$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 89.277$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 92.071$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 84.8$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "VILLALBA"

INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

A_t = Área de la cuenca, en km^2
 L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km
 S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional
 N_c = Número de curva, adimensional
 PMA = Precipitación media anual, en mm
 T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_t := 9557$ $L_{cp} := 215$ $S_{cp} := 0.0060$
 $N_c := 22.054$ $PMA := 299.99$
 $Tr_{002} := 2$ $Tr_{005} := 5$ $Tr_{010} := 10$ $Tr_{020} := 20$ $Tr_{050} := 50$ $Tr_{100} := 100$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 88.528$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 128.789$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 158.678$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 183.717$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 218.147$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 262.646$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "FRANCISCO I. MADERO"

INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

A_r = Área de la cuenca, en km^2

L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km

S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional

N_c = Número de curva, adimensional

PMA = Precipitación media anual, en mm

T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$$A_r := 10059$$

$$L_{cp} := 248$$

$$S_{cp} := 0.0049$$

$$N_c := 22.054$$

$$PMA := 282.57$$

$$Tr_{002} := 2$$

$$Tr_{005} := 5$$

$$Tr_{010} := 10$$

$$Tr_{020} := 20$$

$$Tr_{050} := 50$$

$$Tr_{100} := 100$$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$$C_{002} := -15.859$$

$$\alpha_{002} := 0.139$$

$$\beta_{002} := -0.188$$

$$\lambda_{002} := -0.868$$

$$C_{005} := -27.685$$

$$\alpha_{005} := 0.915$$

$$\beta_{005} := -1.605$$

$$\lambda_{005} := -1.302$$

$$C_{010} := -48.057$$

$$\alpha_{010} := 1.7$$

$$\beta_{010} := -3.019$$

$$\lambda_{010} := -1.595$$

$$C_{020} := -48.527$$

$$\alpha_{020} := 2.05$$

$$\beta_{020} := -3.672$$

$$\lambda_{020} := -1.843$$

$$C_{050} := -68.756$$

$$\alpha_{050} := 2.775$$

$$\beta_{050} := -4.995$$

$$\lambda_{050} := -2.099$$

$$C_{100} := -112.682$$

$$\alpha_{100} := 4.166$$

$$\beta_{100} := -7.458$$

$$\lambda_{100} := -2.396$$

$$\delta_{002} := 17.567$$

$$\epsilon_{002} := -3.164$$

$$\psi_{002} := -0.002416$$

$$\delta_{005} := 26.267$$

$$\epsilon_{005} := -3.345$$

$$\psi_{005} := 0.0002028$$

$$\delta_{010} := 41.316$$

$$\epsilon_{010} := -3.439$$

$$\psi_{010} := 0$$

$$\delta_{020} := 41.492$$

$$\epsilon_{020} := -3.489$$

$$\psi_{020} := -0.00001202$$

$$\delta_{050} := 56.589$$

$$\epsilon_{050} := -3.631$$

$$\psi_{050} := 0.002351$$

$$\delta_{100} := 89.246$$

$$\epsilon_{100} := -3.758$$

$$\psi_{100} := -0.0003895$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 125.043$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 170.654$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 190.868$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 216.154$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 234.231$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 227.969$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "LAS BURRAS"

INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

A_t = Área de la cuenca, en km^2
 L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km
 S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional
 N_c = Número de curva, adimensional
 PMA = Precipitación media anual, en mm
 T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 55377$ $L_{cp} := 595$ $S_{cp} := 0.0016$
 $N_c := 22.054$ $PMA := 310.06$
 $Tr_{002} := 2$ $Tr_{005} := 5$ $Tr_{010} := 10$ $Tr_{020} := 20$ $Tr_{050} := 50$ $Tr_{100} := 100$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 264.8$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 627.944$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 1069.705$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 1632.729$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 2516.174$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 4193.08$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "CHUVISCAR"

INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

A_t = Área de la cuenca, en km^2
 L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km
 S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional
 N_c = Número de curva, adimensional
 PMA = Precipitación media anual, en mm
 T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_t := 854$ $L_{cp} := 55$ $S_{cp} := 0.0144$
 $N_c := 22.054$ $PMA := 330.12$
 $Tr_{002} := 2$ $Tr_{005} := 5$ $Tr_{010} := 10$ $Tr_{020} := 20$ $Tr_{050} := 50$ $Tr_{100} := 100$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 28.253$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 29.267$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 28.546$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 27.691$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 27.327$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 25.022$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "EL GRANERO"

INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

A_t = Área de la cuenca, en km^2
 L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km
 S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional
 N_c = Número de curva, adimensional
 PMA = Precipitación media anual, en mm
 T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_t := 57819$ $L_{cp} := 679$ $S_{cp} := 0.0016$
 $N_c := 22.054$ $PMA := 302.23$
 $Tr_{002} := 2$ $Tr_{005} := 5$ $Tr_{010} := 10$ $Tr_{020} := 20$ $Tr_{050} := 50$ $Tr_{100} := 100$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 281.765$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 575.671$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 843.679$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 1200.854$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 1609.177$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 2063.555$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PUENTE EFCC"

INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

A_t = Área de la cuenca, en km^2
 L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km
 S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional
 N_c = Número de curva, adimensional
 PMA = Precipitación media anual, en mm
 T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_t := 1162$ $L_{cp} := 63$ $S_{cp} := 0.0096$
 $N_c := 22.054$ $PMA := 289.55$
 $Tr_{002} := 2$ $Tr_{005} := 5$ $Tr_{010} := 10$ $Tr_{020} := 20$ $Tr_{050} := 50$ $Tr_{100} := 100$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 61.887$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 82.009$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 95.846$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 105.482$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 122.896$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 141.769$$

DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "LLANITOS"

INFORMACIÓN FISIGRÁFICA E HIDROLÓGICA

A_r = Área de la cuenca, en km^2

L_{cp} = Longitud del cauce principal, en km

S_{cp} = Pendiente del cauce principal, adimensional

N_c = Número de curva, adimensional

PMA = Precipitación media anual, en mm

T_r = Periodo de retorno, en años

DEFINICIÓN DE VARIABLES

$$A_r := 1581$$

$$L_{cp} := 88$$

$$S_{cp} := 0.0100$$

$$N_c := 22.054$$

$$PMA := 340.31$$

$$Tr_{002} := 2$$

$$Tr_{005} := 5$$

$$Tr_{010} := 10$$

$$Tr_{020} := 20$$

$$Tr_{050} := 50$$

$$Tr_{100} := 100$$

EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$$C_{002} := -15.859$$

$$\alpha_{002} := 0.139$$

$$\beta_{002} := -0.188$$

$$\lambda_{002} := -0.868$$

$$C_{005} := -27.685$$

$$\alpha_{005} := 0.915$$

$$\beta_{005} := -1.605$$

$$\lambda_{005} := -1.302$$

$$C_{010} := -48.057$$

$$\alpha_{010} := 1.7$$

$$\beta_{010} := -3.019$$

$$\lambda_{010} := -1.595$$

$$C_{020} := -48.527$$

$$\alpha_{020} := 2.05$$

$$\beta_{020} := -3.672$$

$$\lambda_{020} := -1.843$$

$$C_{050} := -68.756$$

$$\alpha_{050} := 2.775$$

$$\beta_{050} := -4.995$$

$$\lambda_{050} := -2.099$$

$$C_{100} := -112.682$$

$$\alpha_{100} := 4.166$$

$$\beta_{100} := -7.458$$

$$\lambda_{100} := -2.396$$

$$\delta_{002} := 17.567$$

$$\epsilon_{002} := -3.164$$

$$\psi_{002} := -0.002416$$

$$\delta_{005} := 26.267$$

$$\epsilon_{005} := -3.345$$

$$\psi_{005} := 0.0002028$$

$$\delta_{010} := 41.316$$

$$\epsilon_{010} := -3.439$$

$$\psi_{010} := 0$$

$$\delta_{020} := 41.492$$

$$\epsilon_{020} := -3.489$$

$$\psi_{020} := -0.00001202$$

$$\delta_{050} := 56.589$$

$$\epsilon_{050} := -3.631$$

$$\psi_{050} := 0.002351$$

$$\delta_{100} := 89.246$$

$$\epsilon_{100} := -3.758$$

$$\psi_{100} := -0.0003895$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 35.12$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 35.118$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 31.71$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 30.685$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 27.779$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M³
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 20.898$$

RESUMEN BIOGRÁFICO

David Estuardo Peña Vidal

candidato al título de
Maestro en Ciencias
con especialidad en
Ingeniería Ambiental

Información personal:

- **Título:** Ingeniero Civil
- **Estado Civil:** Soltero
- **Edad:** 28 años
- **Lugar de Nacimiento:** Cd. Madero, Tamaulipas
- **Fecha de Nacimiento:** 27 de Noviembre de 1980
- **Nacionalidad:** Mexicana

Educación:

Agosto 1998 – Diciembre 2002

Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ingeniería Civil

San Nicolás de los Garza, N.L.

- Licenciatura en Ingeniería Civil
- Testimonio de Desempeño Académico del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C.

Agosto 1995 – Julio 1998

Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos

Cadereyta Jiménez, N.L.

- Educación Preparatoria y Carrera de Técnico en Informática Administrativa
- Primer lugar de la Generación 1995-1998

Experiencia profesional:

Junio 2008 – Octubre 2008

H. Congreso del Estado de Nuevo León

Monterrey, N.L.

■ **Supervisor de proyectos:**

- Licitación para la construcción de estructura de soporte para la instalación de elevador en el edificio administrativo.
- Licitación para la construcción de edificio comedor en terrenos del edificio administrativo.
- Remodelación y cambio de mobiliario en el edificio administrativo y en el recinto legislativo.

Noviembre 2006 – Junio 2008

Subdirección de Estudios de Posgrado, FIC, UANL

San Nicolás de los Garza, N.L.

■ **Ingeniería Ambiental:**

- Instructor de cursos y auxiliar en el departamento de Educación Continua.
- Tesista para la obtención del grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental.
- Auxiliar en el Proyecto de Rehabilitación de Lagunas de Tratamiento de Aguas Residuales; para S.A.D.M.

Mayo 2006 – Octubre 2006

Servicios Técnicos de Construcción

Monterrey, N.L.

■ **Ingeniería de Vías Terrestre y Topografía:**

- Obras de ampliación de la carretera Monterrey-Cd. Mier
- Ampliación de la línea 2 del metro.
- Revisión de trazo de las vías férreas en García, N.L.

Agosto 2005 – Abril 2006

Preparatoria Interline

Cadereyta Jiménez, N.L.

■ **Catedrático:**

- Impartición de materias como: Matemáticas, Física, Lectura y Redacción, Literatura, Filosofía y Ciencias Sociales.

Julio 2004 – Abril 2006

Constructora Maiz Mier S.A. de C.V.

Monterrey, N.L.

■ **Ingeniero residente administrativo en obra:**

- Análisis de precios unitarios y administración de obra.
- Puente Vehicular en Avenida Eugenio Garza Sada y Luis Elizondo; en Monterrey N. L.
- Urbanización para el desarrollo del fraccionamiento "Residencial Fontanares"; en Monterrey N. L.
- Puente Vehicular en Avenida Miguel Alemán y San Rafael; en Guadalupe, N. L.

Experiencia profesional:

Agosto 2002 – Junio 2004

Instituto de Ingeniería Civil “Dr. Raymundo Rivera V.”

Departamento de Hidráulica

Monterrey, N.L.

■ ***Desarrollo de proyectos de Ingeniería Hidráulica e Hidrología:***

- Estudios de Demarcación de Zona Federal, en los siguientes escurrimientos: Arroyo La Chueca, Río Ramos, Arroyo Ciénega, Río Salinas, Arroyo Vaquerías, Arroyo San Miguel, etc.
- Estudios de Hidrología e Hidráulica conceptual para CAPUFE, de puentes en la zona de Los Lirios, en el estado de Coahuila.
- Análisis de Socavación para CFE en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas sobre una sección del Río Bravo.
- Revisión del drenaje pluvial “El Obispo” ubicado en Santa Catarina, N.L.
- Participación en el desarrollo del proyecto hidráulico de la Presa Rompepicos “Corral de Palmas”
- Auxiliar en el análisis hidráulico del Río Santa Catarina, para la ampliación de la Avenida Morones Prieto
- Elaboración del estudio hidrológico para la construcción de represas en Chipinque
- Análisis hidráulico en la zona del Puente de la Unidad (Atirantado)
- Realización de distintos proyectos de diseño de redes de agua potable, drenaje sanitario y pluvial, y socavación

